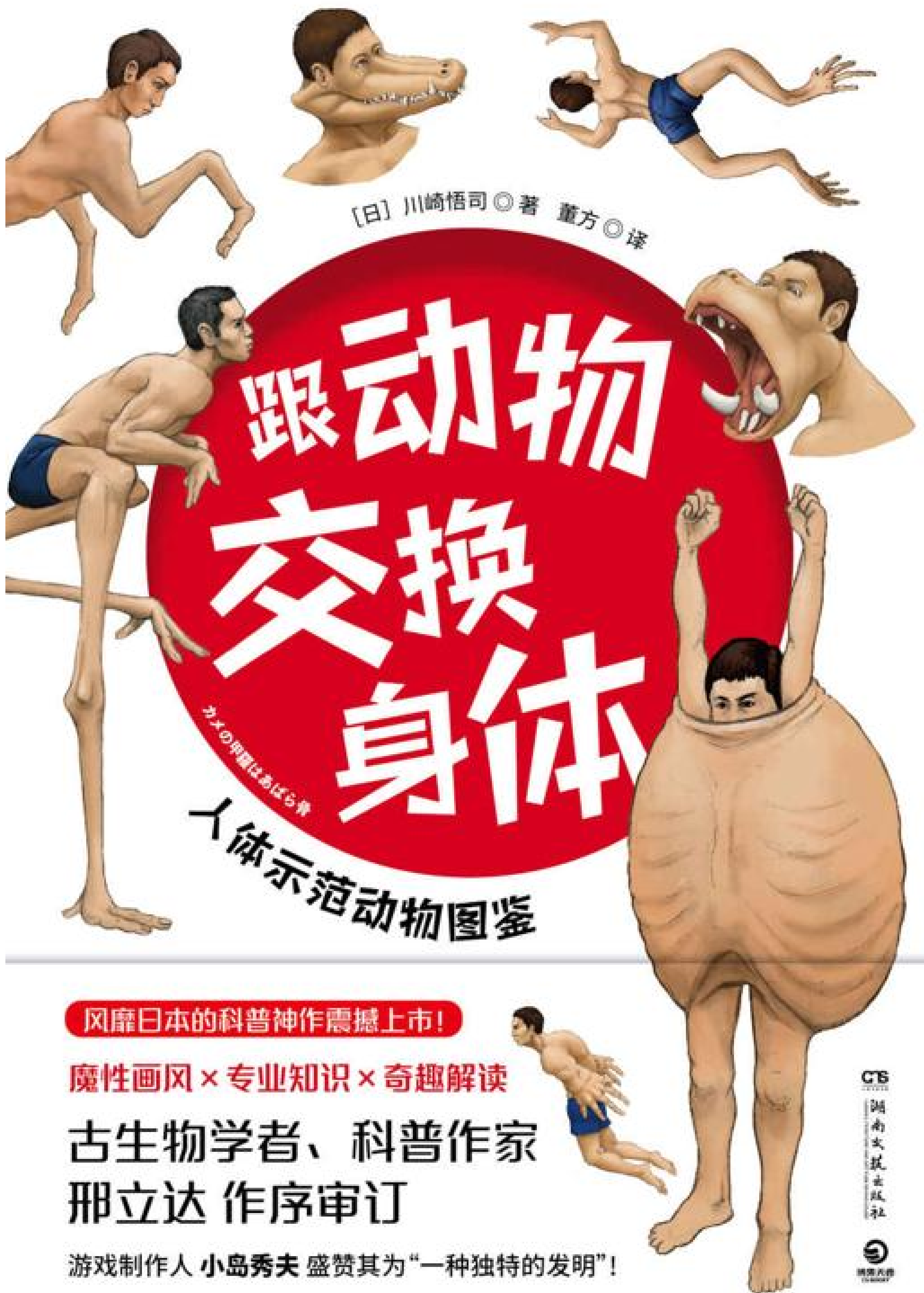


［日］川崎悟司◎著　董方◎译
跟动物交换身体
カメの甲羅はあばら骨
人体示范动物图鉴
风靡日本的科普神作震撼上市！
魔性画风×专业知识×奇趣解读
古生物学者、科普作家
邢立达 作序审订
游戏制作人 小岛秀夫 盛赞其为“一种独特的发明”！
CTS
湖南文艺出版社

VISIT...

LANZAROTE Caliente.COM

［日］川崎悟司◎著　董方◎译

# 跟动物交换身体

カメの甲羅はあばら骨

## 人体示范动物图鉴

风靡日本的科普神作震撼上市！

魔性画风×专业知识×奇趣解读

古生物学者、科普作家
邢立达 作序审订

游戏制作人 **小岛秀夫** 盛赞其为“一种独特的发明”！

CTS
湖南文艺出版社
博集天卷




风靡日本的科普神作震撼上市!

**魔性画风×专业知识×奇趣解读**

## 古生物学者、科普作家
## 邢立达 作序审订

游戏制作人 **小岛秀夫** 盛赞其为"一种独特的发明"!

CTS
湖南文艺出版社
博集天卷

# 版权信息

书名：跟动物交换身体
作者：【日】川崎悟司
译者：董方
出版社：湖南文艺出版社
出版日期：2021-09-01
ISBN：9787572603242

本书由天津博集新媒科技有限公司授权发行

版权所有 侵权必究



# 目录
# CONTENTS

推荐序
前言
第1部分 爬行类与两栖类
乌龟
■ 结构 打破常规的骨骼结构
■ 演化 独特的肋骨和肩胛骨
青蛙
■ 结构 更轻且更坚固的骨骼
■ 演化 逐渐演变而成的轻量型骨骼
蜥蜴
■ 结构 爬行方式阻碍了体形发展？
■ 演化 海洋生物的尾鳍
鳄鱼
■ 结构 将猎物撕裂后生吞
■ 演化 种类繁多的史前鳄鱼
飞蜥
■ 结构 适应树上生活的肋骨
■ 演化 飞行爬行类时代
动物小知识1 尾巴
第2部分 哺乳类（陆地）
大象
■ 功能 多功能象鼻
■ 演化 大象的鼻子为什么会变长？
长颈鹿
■ 结构 得天独厚的长脖子
■ 演化 脖子变长的两个阶段
犬
■ 结构 哺乳类的三种足型
■ 历史 犬类是人类最古老的朋友
马
■ 结构 奔跑是唯一的追求
■ 演化 环境变化造就一“趾”独秀
狮子
■ 结构 捕猎专属体格
■ 演化 消失在演化过程中的大型物种
树袋熊
■ 结构 可以解毒的惊人肠道

■ 演化 有袋类动物的巨型祖先
树懒
■ 结构 南美洲特有的爪类动物
■ 演化 巨型大地懒
兔子
■ 功能 努力求生的长耳朵
■ 演化 起源于亚洲，在美洲演化的祖先
犰狳
■ 结构 擅长挖洞的爪子与防御性铠甲
■ 演化 拥有巨型铠甲和尾巴的祖先
动物小知识2 牙齿
第3部分 哺乳类（水栖、地下、空中）
鲸
■ 结构 专门适用于游泳的骨骼
■ 演化 从海洋到陆地，最终回归海洋
鼹鼠
■ 结构 适合掘土的发达前肢
■ 分布 两大派系的势力之争
蝙蝠
■ 结构 自动锁定式后肢
■ 演化 通过两种功能追溯祖先
海狮
■ 结构 水栖哺乳类的“手部”差异
■ 演化 四足行走的海狮祖先
河马
■ 结构 蠢萌外表下的强悍体格
■ 演化 令人意外的祖先
动物小知识3 体毛
第4部分 鸟类
鸟
■ 结构 控制翅膀的胸肌
■ 演化 最早的鸟类—始祖鸟
火烈鸟
■ 结构 单腿站立的原因
■ 演化 最新发现的亲戚
猫头鹰
■ 结构 不停转动脖子的原因
■ 演化 曾经会奔跑的巨型猫头鹰
企鹅
■ 结构 适应水中生活的骨骼
■ 演化 北半球的“古代企鹅”
动物小知识4 翅膀
番外篇 各部位比较
后记

延伸阅读

# 推荐序

荒诞而严谨的真实

会飞的鸟，弹跳惊人的青蛙，拥有深渊巨口的河马，“尝百草”的考拉，自由游弋的鲸……每种动物都有自己的特殊技能和生存优势。在科幻电影中，人类不止一次想要结合动物们的优势，制造出超级士兵；古人亦惊讶于动物的神奇，尝试着模仿动物的动作，编排出强身健体或攻击敌人的拳法；又有哪个小朋友不曾幻想过，生出一双翅膀在天空中翱翔是怎样一种体验？

当人类真正结合了动物的优势，身体会出现什么变化呢？《跟动物交换身体》将告诉你答案。作者川崎悟司独创了一种“荒诞”的画法，用人类的身体来展示不同动物的特点，并重构了动物们“强化”后的骨骼图和“生活照”，带领读者探索乌龟、青蛙、大象、长颈鹿、鲸鱼、企鹅等多种动物的构造与演化的真相。荒诞与写实，猎奇与扎实，要达到两者的动态平衡其实极难，一旦成功，则令人激动万分。幸运的是，这本书做到了，真正实现了“人体变变变”！川崎悟司从一个非常特别的角度为读者清晰地解释了动物们的骨骼特征、行为姿态和生存优势。

这些荒诞又十分生动的画面着实引入入胜，作为科普读物，本书适合全年龄段的读者阅读。因为在荒诞的背后，有着科学性的支撑和体现。具体来说，作者解构了不同的动物骨骼，并科学严谨地让人类“如法炮制”，搭配合理的运动姿态，深入浅出地演绎演化之美；用动物之间的对比，解释了不同的生理现象，比如将大象和爬行动物进行对比，科学

又直观地解释了现生爬行动物无法大型化的骨骼学、解剖学原因。作者还精心选择了许多独特而有意义的化石动物图片，将动物们放入更大的时间和空间尺度，展示了动物的演化过程、演化关系，用严谨的笔触指出演化的方向，追溯动物们产生生存优势或者生理极限的原因。

作为青少年科普读物，《跟动物交换身体》中的图片可以迅速引起孩子们的阅读兴趣，书中的科学知识绝不仅限于生物学范围，还包含数学、物理学、化学，甚至浅显易懂的医学知识。本书能够引导孩子发展科学看待事物的能力，启蒙孩子们的科学之路。

作为成人科普读物，《跟动物交换身体》在扩展视野之余，还能凭借其夸张幽默的画风帮助读者轻松解压。行业的激烈竞争、生活的重担，现实社会中的种种压力都有可能让成年人喘不过气来。而阅读本书可以使人们暂时远离当下的生活，进入一个荒诞有趣的世界，充分发挥想象力，找到久违的童心，在会心一笑中理解动物世界的生存方式和生命力的强大。

古生物学者、科普作家 邢立达

# 前言

## 龟壳竟然是肋骨

我们身体的每个部位都有自己的名称，比如眼睛、嘴巴、胳膊肘、膝盖、上臂、小腿、脚跟、臀部、大腿等等，不胜枚举。其他动物也具有和人类差不多的身体结构，除了某些特殊部位，我们在它们身上都能找到与人体相对应的部分。

犬类的脚跟在哪里？长颈鹿的胳膊肘在哪里？恐怕很多人都不知道吧。为了方便大家了解这些知识，我们将以插画的形式把人体变身为其他动物，那又会是怎样一番景象呢？于是，我着手策划了这本书。

世界上的动物都生活在各自所处的环境中，为了适应环境，它们的身体结构发生了改变。适者生存并繁衍生息，为了避免被大自然淘汰，动物们不断地演化着，经过一系列的演化，才形成了现在这种“各就各位”的局面。

蝙蝠在空中飞，鲸鱼在海里游，鼹鼠在地下不停地刨土，如果它们有手，则也会变成最适应各自环境的样子，而不同于人类手掌的形状。话虽如此，但在这本书中，我们会着重把不同动物身上最具特征的部分，用人体来展现，以这样的形式揭开动物身体的奥秘。请跟随我们一路探寻下去吧！

川崎悟司

# 第1部分 爬行类与两栖类

## 乌龟

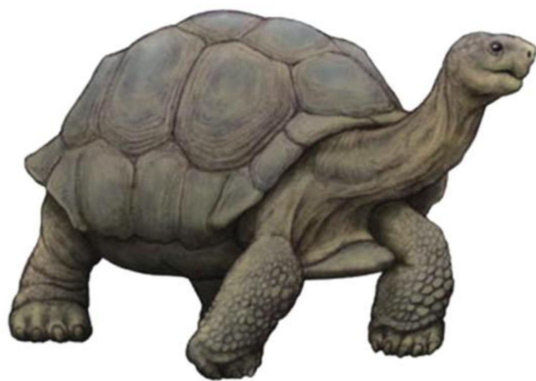
Turtle

我们人类的胸腔是一个由肋骨围成的笼状结构，用来保护心、肺等重要器官。而乌龟的肋骨经过变形，把这项功能发挥到了极致——不但能保护心、肺等脏器，紧急时刻甚至还能照顾到头部和四肢。

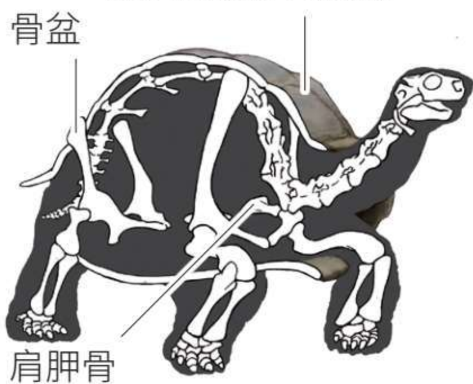



乌龟人

乌龟人变身法



陆龟



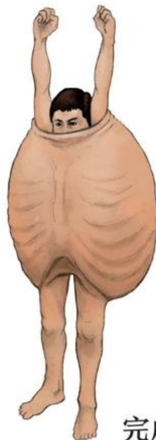

陆龟的骨骼



人类的骨骼




让肋骨变大，围住肩胛骨与骨盆并包裹起来



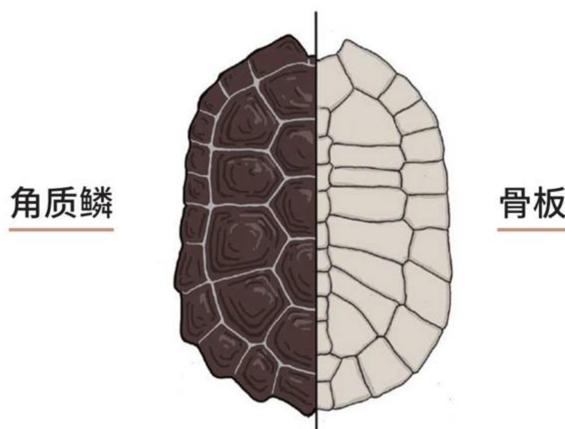
完成变身！

## ■ 结构 打破常规的骨骼结构

龟壳是一块与脊椎骨、肋骨融为一体的板状物，我们称之为“骨板”。它的表面覆盖着一层被称为“角质鳞”的薄板状盾片。骨板和角质鳞叠加在一起，构成坚固的龟壳。由于龟壳的拼接处有缝隙，在强烈的冲击下似乎很容易破裂。但实际上，骨板与角质鳞的接缝处彼此错开地叠放在一起，使整个龟壳十分结实，不用担心破裂。图❶

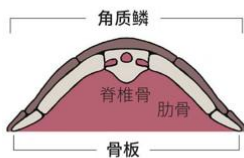
龟类的这身“铠甲”几乎全部由骨头构成，其他很多动物则没有这样的身体构造。和乌龟一样拥有坚硬“铠甲”的动物还包括鳄鱼和犰狳等，但鳄鱼和犰狳的“铠甲”只是一种较硬的皮肤，并非它们的骨骼，这与龟壳有着本质上的不同。图❷尽管经过了变形，龟壳依旧是由乌龟的肋骨构成的。我们人类与其他许多动物一样，肋骨的外侧紧贴着肩胛骨。然而，我们在龟壳的外侧并没有发现肩胛骨。

事实上，乌龟的肩胛骨在龟壳里面。也就是说，乌龟这种肩胛骨长在肋骨内侧的骨骼结构，是与其他动物截然相反的。图❸




图❶

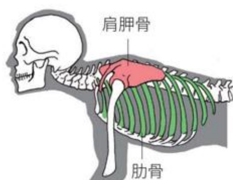
龟壳的截面



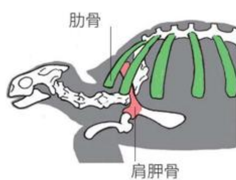

犰狳“铠甲”的截面




图❷




除乌龟以外的动物，肩胛骨
长在肋骨外侧

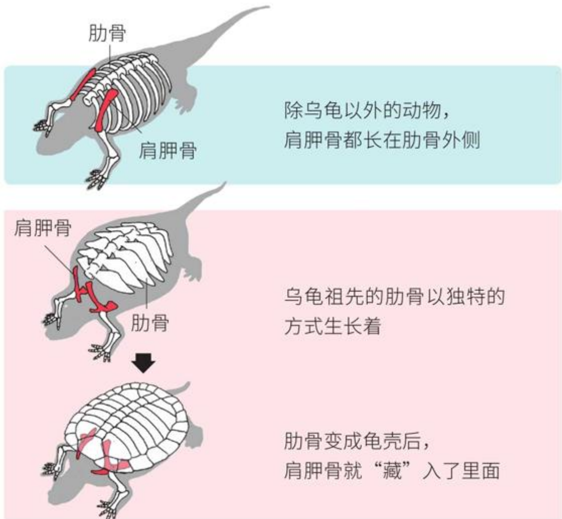



乌龟的肩胛骨
却长在肋骨内侧

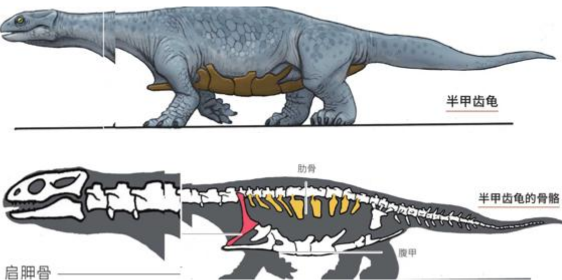
图❸

## ■ 演化 独特的肋骨和肩胛骨

为什么乌龟会和其他动物不一样，变成一个骨骼奇特（肩胛骨长在肋骨内侧）的家伙呢？科学家在物理化学研究所做过一项研究，比较了小白鼠胚胎与鸡蛋、龟蛋中胚胎的成长过程。最初，乌龟的胚胎与小白鼠和鸡的胚胎一样，肩胛骨长在肋骨外侧。可之后研究者慢慢观察到，只有乌龟身上发生了肩胛骨内移、肋骨变成龟壳的现象。看来乌龟的演化特征就是它们的肋骨独特的生长方向。通常，动物们的肋骨从背部脊柱延伸，环绕到胸部及腹侧。而乌龟的肋骨在演化过程中，似乎只是横向发展，并且最终定位在肩胛骨的外侧。图❶




图❶



图❷

乌龟化石的发现同样证实了这一点。2008年11月出土的距今2.2亿年前的原始龟——半甲齿龟的化石提供了演化的证据。图❷

这种原始龟类的化石表明，它们没有完整的背甲（背部的龟壳），只有腹甲，这是一种反常的身体结构。尽管如此，半甲齿龟的背部肋骨横向延伸，有形成龟壳的迹象，而其肩胛骨也位于肋骨的前方。据推测，后来演化完整的乌龟肋骨呈扇状延伸，覆盖住前方的肩胛骨，最终演化成龟壳。

# 青蛙

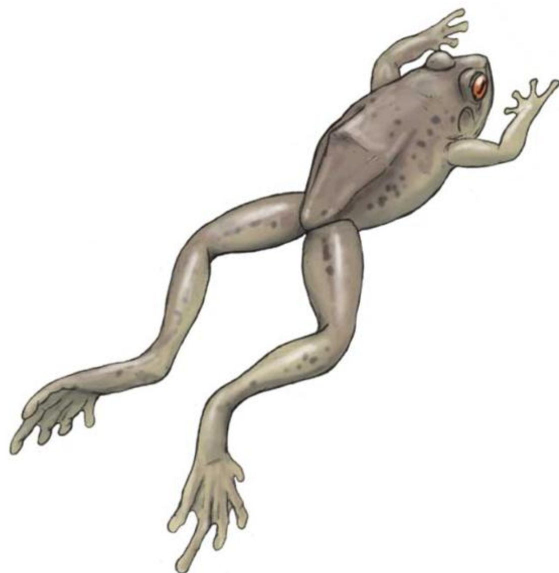
Frog

青蛙的体态非常适合大幅度的跳跃式移动。原因之一是，当青蛙完全伸直后腿时，它们的大腿、小腿以及后脚掌的长度几乎一模一样。当青蛙收起后腿，让自己处于Z字形蹲伏姿势，同时依次打开各关节并拉伸肌肉后，就可以如弹簧一般爆发出难以置信的力量。

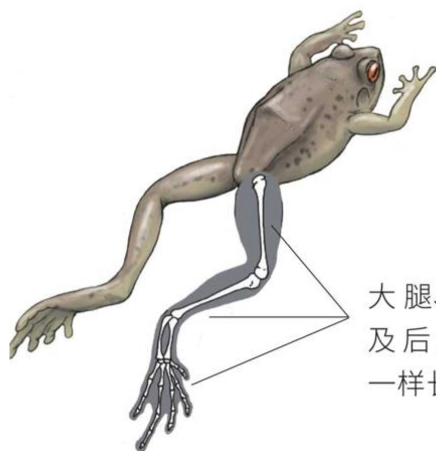



青蛙人

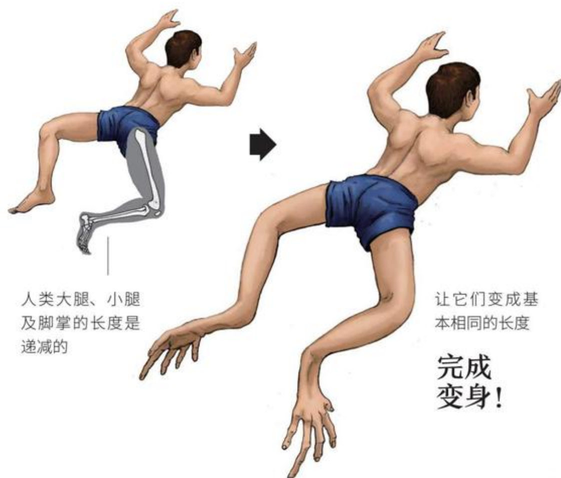
青蛙人变身法



青蛙




青蛙的后腿骨骼


人类大腿、小腿
及脚掌的长度是
递减的
让它们变成基
本相同的长度
完成
变身！

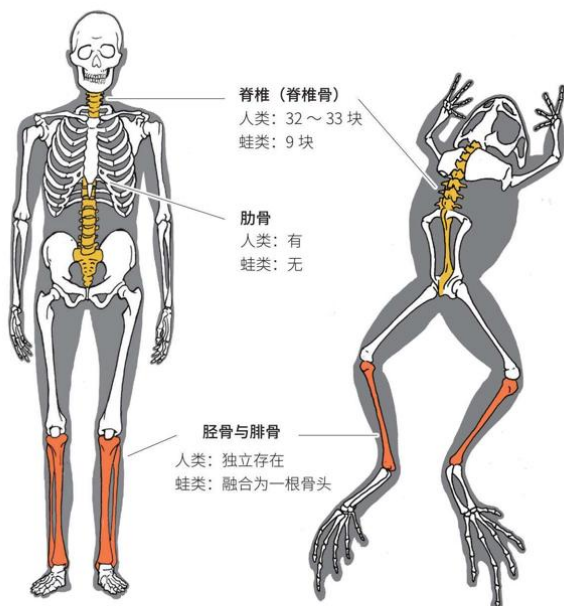
## ■ 结构 更轻且更坚固的骨骼

青蛙以出色的跳跃能力闻名，而同样是两栖类动物的蝾螈以及爬行类动物中的蛇和蜥蜴，它们就不会跳跃，只能爬行。此外，相对于青蛙的蛙式泳姿，大多数两栖类与爬行类动物在水中时，只能靠扭动长长的身体和尾巴来游泳。运动方式与骨骼构造紧密相关，正是这些差异，使得青蛙相对于其他两栖类或爬行类动物更显独特。

首先，青蛙全身的骨块数量较少，不够灵活，无法像其他爬行类或两栖类动物那样蜿蜒前行，但正是由于坚硬沉重的骨块较少，青蛙的身体变得轻巧了。其次，骨块与骨块的融合在减少数量的同时提升了骨骼强度。人类膝盖以下的小腿部分由两块长骨——腓骨与胫骨组成。而青蛙通过合二为一的方式提升了后腿的强韧度，从而能够完成强有力的跳跃动作。

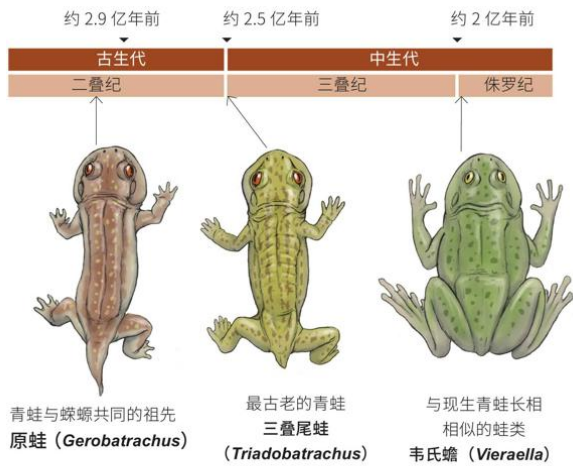
除此之外，青蛙是没有肋骨的，因此它们的腹部极为柔软，跳跃着地时能起到缓冲作用。但同样由于没有肋骨，青蛙用肺部呼吸时胸肌并不起作用，而是要通过收缩喉头将空气送进肺部。

人类与蛙类的骨骼比较


脊椎（脊椎骨）
人类：32 ～ 33 块
蛙类：9 块
肋骨
人类：有
蛙类：无
胫骨与腓骨
人类：独立存在
蛙类：融合为一根骨头

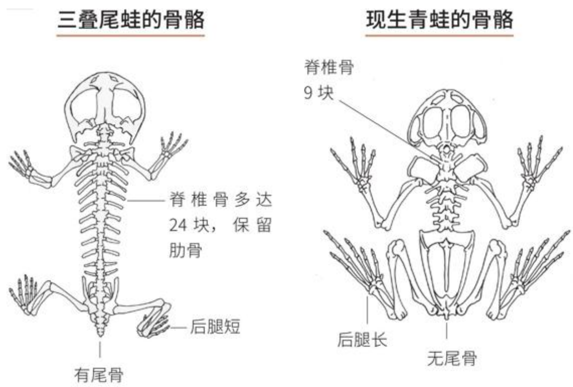
## ■ 演化 逐渐演变而成的轻量型骨骼

让我们通过演化图来看一看青蛙是如何演化的。图❶




图❶

1995年，人们在古生代中二叠世的地层中发现了被命名为原蛙的化石，它是青蛙和蝾螈共同的祖先。尽管其面部特征与现生青蛙很相似，但嘴里长有牙齿，身体较长，还保留着尾巴和肋骨。估计它可能像蝾螈那样在陆地上爬行，而不具备跳跃的能力。




图❷

之后，马达加斯加岛上又发现了距今2.5亿年前的三叠尾蛙化石，这种蛙被认为是目前最古老的青蛙。尽管牙齿的消失和肋骨的退化被看作是最接近现生青蛙的特征，但三叠尾蛙的身体与四肢不具备现生青蛙的特殊性。此外，现生青蛙只有9块脊椎骨，骨块数的减少让脊柱变得又短又粗，十分结实，而三叠尾蛙不但有24块脊椎骨，而且尾巴依然存在。更为重要的是，从它仍没有变得很长的后腿来看，三叠尾蛙应该还不能跳跃。图❷

发现于中生代早侏罗世的韦氏蟾，则被认为是长得最像现生青蛙的物种。它有10块脊椎骨，后腿特别长，看起来与现生青蛙几乎没有差别。

# 蜥蜴

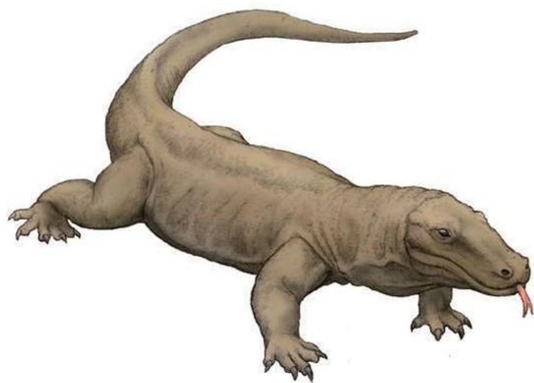
Lizard

我们人类的腿长在身体下方的位置，其他哺乳类和鸟类用来走路的腿也长在身体下方。而另一些爬行类或两栖类动物，如蜥蜴，尽管它们同样拥有可以在陆地上行动的腿，腿的生长方向却截然不同——它们的腿长在身体两侧，使得这些动物无法站立，只能爬行。




蜥蜴人

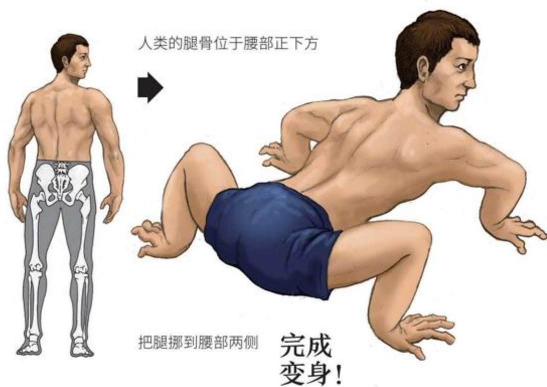
蜥蜴人变身法



蜥蜴




蜥蜴的后肢骨骼

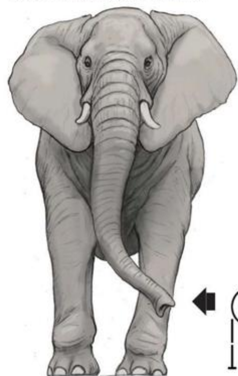


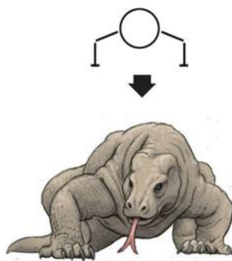
## ■ 结构 爬行方式阻碍了体形发展？

常见的爬行类动物有蜥蜴、蛇、乌龟、鳄鱼等。爬行类也叫爬虫类，“爬”指的是趴在地上前行，“虫”指的是昆虫、蜈蚣等动物，但也可理解为人类、兽类、鸟类、鱼类之外所有小型动物的总称。换言之，爬行类就是指带爪、能够爬行的小动物。

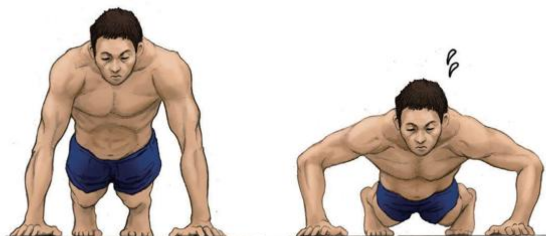
大部分蜥蜴的体形都小于哺乳类动物，就连蜥蜴中的巨无霸——科莫多巨蜥的最大体重也不过100多千克，而作为陆地上最大的哺乳动物，一头成年雄性非洲象的体重可达6000～7000千克，两者的差距显而易见。按理来说，动物的体形越大，遭受天敌攻击的概率就越低，也就越有利于生存。那为什么蜥蜴家族在漫长的演化过程中，没有演变成更大的体形呢？

这是因为，相对四肢长在身体两侧、靠爬行前进的蜥蜴而言，哺乳类动物长在身体下方的四肢更有利于支撑体重。图❶就像在做俯卧撑时，伸直手臂比弯曲手臂更能撑住身体，也是同样的道理。图❷蜥蜴家族在演化的过程中没能演变成更庞大的体形，可能正是因为它们这种爬行方式无法支撑过于沉重的身体。

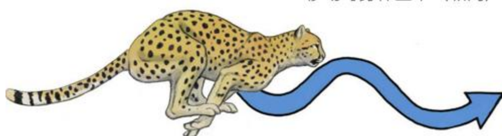


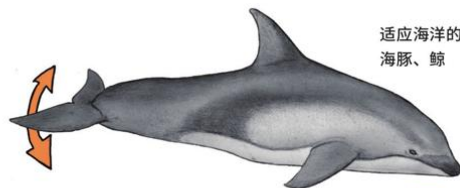




图❶ 哺乳类与爬行类动物四肢生长方向的比较



图❷ 做俯卧撑时，伸直手臂比弯曲手臂更能撑住身体



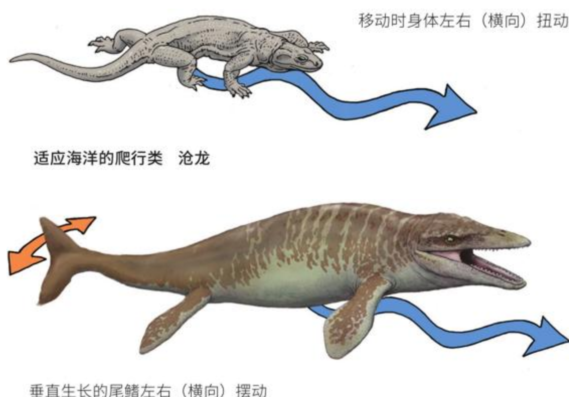



图❶ 哺乳类

## ■ 演化 海洋生物的尾鳍

尽管爬行方式阻碍了蜥蜴家族的体形发展，但在很久以前，有一群大体形的爬行类动物曾经存在过，它们就是沧龙（*Mosasaurus*）一族。

沧龙是蜥蜴家族的成员，它们的四肢变成鳍状，并且适应了海洋生活。由于在水中不需要靠四肢来支撑身体，所以它们的体形发展不再受到限制，其中个头较大的身长竟然能达到18米。沧龙出现在距今约7000万年前的晚白垩世，当时恐龙是陆地上的王者，沧龙则迅速成为远古海洋的头号霸主。6600万年前，一颗巨大的陨石撞向地球，造成晚白垩世大量生物的灭绝，沧龙与恐龙一样未能幸免于难，此后地球上再未见过它们的踪迹。不过，最近的研究发现，沧龙的外形接近鲸鱼，它们都有着新月形的尾鳍。




图❷爬行类

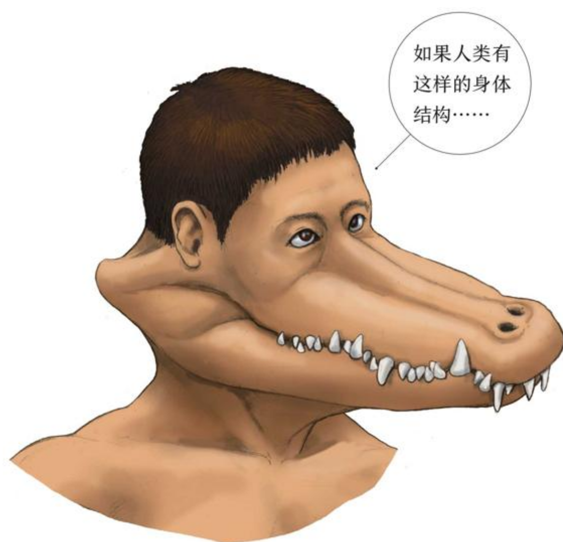
唯一的区别是，鲸鱼的尾鳍在水平方向上延伸，沧龙的尾鳍则是垂直生长。哺乳类动物的四肢垂直于身体方向生长，移动时身体上下起伏。图❶爬行类动物的四肢长在身体两侧，移动时身体左右摆动。图❷哺乳类和爬行类动物的演化都是为了适应海洋环境，但它们的移动方式

却沿袭了各自的陆地祖先：鲸鱼上下摆动尾鳍，沧龙左右摆动尾鳍，这都是它们在水中获得动力的方式。

# 鳄鱼

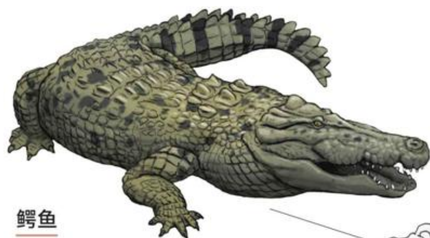
Crocodile

鳄鱼是世界上咬合力最强的生物，它的上下颌非常突出，并且几乎占据了整个头部。鳄鱼的下颌靠近地面，因此相对于人类通过活动下颌来张嘴的方式，鳄鱼则更多地依靠上颌来完成张嘴动作。




鳄鱼人

鳄鱼人变身法

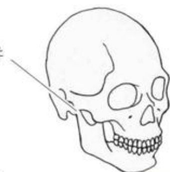


**鳄鱼**



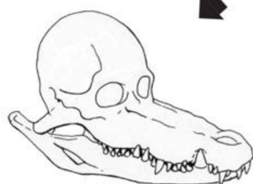
一般而言，时常活动的骨骼向外凸出，不动的颌骨向内凹陷，起到连接与支撑的作用。鳄鱼通常会活动上颌，所以其上颌连接的部分向外凸出

**鳄鱼的颌骨**



人类通常是下颌凸出，并与上颌的凹陷部分连接









将上下颌骨变大，扭转凹、凸连接部分，再加上一对朝天的鼻孔

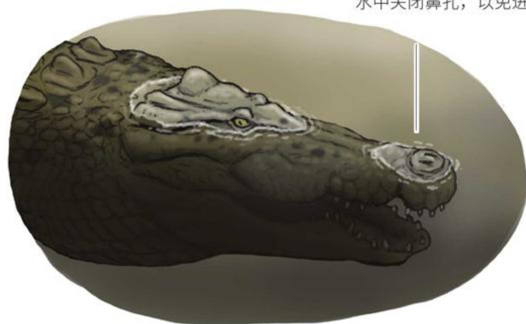
**完成变身！**

## ■ 结构 将猎物撕裂后生吞

鳄鱼栖息在世界各地的热带和亚热带水域中。作为湖泊、沼泽的统治者，鳄鱼拥有地球上所有动物中最强的咬合力。它们通常潜伏在泥沼或湖泊中一动不动，只有眼睛和鼻孔露出水面，当其他动物靠近时，便会以迅雷不及掩耳之势偷袭。鳄鱼长在头部上方的眼睛以及朝天的鼻孔，都有利于它们潜伏在水中呼吸，待需要时能够迅速浮出水面。图❶

凭借其强大的咬合力，鳄鱼在咬住猎物后决不松口，把猎物拖入水中直至将它们溺死。不过，与超强的咬合力相比，鳄鱼开合嘴巴的能力有限，不擅长将猎物咬断。所以，它们通常只会咬住猎物的腿或其他部位，然后在水中原地翻转，直到猎物被撕裂成一块块。这种捕获并吞噬猎物的方式被称为"死亡翻滚"。图❷

鳄鱼无法像哺乳类动物那样咀嚼食物，只能用"死亡翻滚"的方式将猎物扯成易于吞咽的大小，然后整口吞下。它们锋利的牙齿并不用于咀嚼，而是用来刺入猎物并将其固定。由于鳄鱼需要始终保持牙齿的锋利度，它们一生中可以多次换牙，即便牙齿脱落也能快速长出新的。



图❶

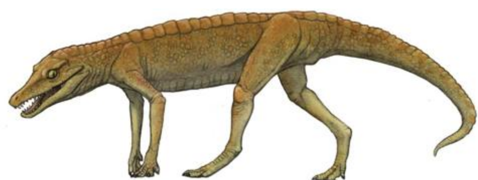



图❷

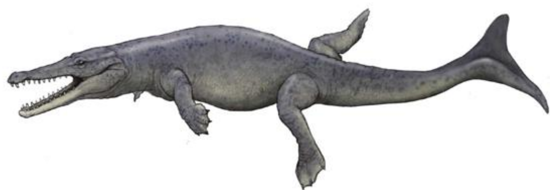
## ■ 演化 种类繁多的史前鳄鱼

现生鳄鱼属于爬行类动物，主要生活在河流、湖泊等有限的淡水流域，而远古时代的鳄鱼祖先们不仅生活在水边，它们的足迹甚至遍布内陆和海洋。

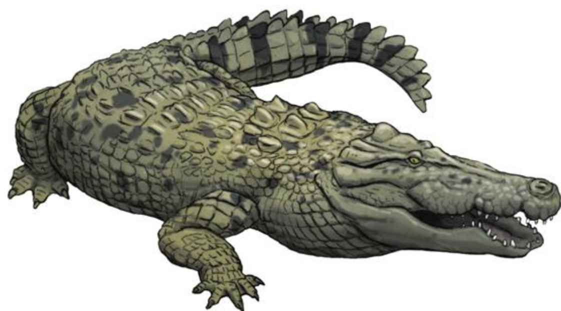
原鳄生活在大约2亿年前，是迄今发现的最古老的鳄鱼之一。图❶它们全长1米左右，像哺乳类动物那样靠四肢支撑着身体行走。从外形来看，原鳄与现生鳄鱼差别颇大。人们在北美以及与之相距甚远的南非地区都发现了原鳄化石，这表明它们的分布范围十分广泛，甚至说明原鳄并不像现生鳄鱼那般拖着沉重的身体慢慢爬行。也许正是因为能够依靠四肢行走，它们才可以轻松地来往于内陆地区。之后，大约在1.6亿年前，一种生活在海洋里的史前鳄鱼——平喙鳄出现了。图❷它们的四肢已经全部演化成鳍，尾巴也变成了鱼类的新月形尾鳍。为了适应水中生活，平喙鳄背部的鳞骨逐渐消失，身体也变得更为柔软，可以通过扭动身体和尾鳍来游泳。



图❶ 原鳄（Protosuchus）被认为是最古老的鳄类之一，全长1米，可以用四肢支撑着身体站立行走



图❷ 平喙鳄（Metriorhynchus） 也称地蜥鳄，是一种适应海洋生活的鳄鱼，体形巨大，全长3米，前后肢演化成鳍，尾巴的形状也已改变



图❸

现生鳄鱼 适应陆地与淡水生活，属于变温动物。尽管用肺呼吸，但与其他哺乳类动物不同，鳄鱼短时间内憋气不呼吸也没问题。在水中时，它们的血液甚至还可以暂停流向肺部

大约在平喙鳄这类海生鳄鱼存在的同一时期，终于出现了类似现生鳄鱼那样可以水陆两栖的物种，并且只有这一物种的子孙后代一直在地球上生存至今。图❸

# 飞蜥

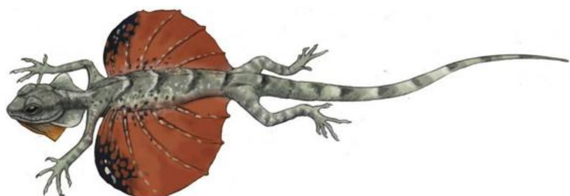
Flying lizard

飞蜥，顾名思义就是可以在空中飞行的蜥蜴。我们都知道，人类的肋骨是一种弧形小骨，环绕脊柱至胸骨，将心、肺及其他内脏包起来。与之不同的是，飞蜥的肋骨并没有环绕到胸部，而是向身体两侧伸展，肋骨之间还覆盖着皮膜——飞蜥以此来充当翅膀，在空中滑翔。

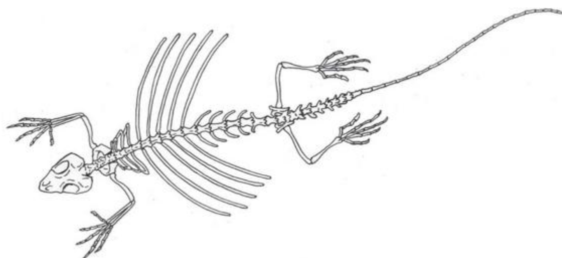



飞蜥人

飞蜥人变身法

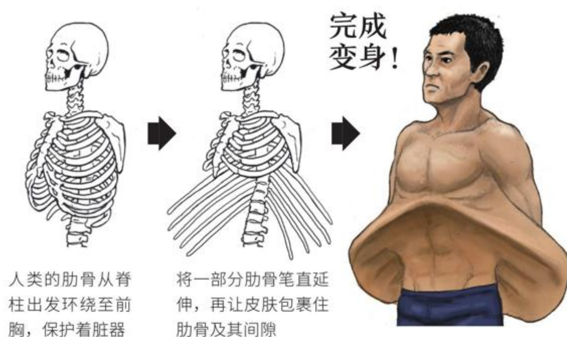


飞蜥



飞蜥的骨骼

一部分从脊柱出发的肋骨没有环绕身体生长，而是朝两侧伸展



## ■ 结构 适应树上生活的肋骨

飞蜥是一种生活在树上的蜥蜴，广泛分布于印度、马来半岛等热带、亚热带地区。虽说飞蜥是“会飞的蜥蜴”，它们却不具备鸟类、蝙蝠或某些昆虫那种自主飞行的能力，只能从高高的树枝上跃起，借势在空中滑翔。飞蜥的滑翔距离通常为5～10米，有一些也可飞出20米远。它们朝身体两侧延伸的肋骨之间有皮膜，起到了翅膀的作用。飞蜥的身体两侧各有5～7根肋骨，它们就像伞骨一样将皮膜支撑起来。图❶

飞蜥不仅可以在树丛中飞行，还擅长在陆地上移动。不同于鸟类和蝙蝠由前肢演化而来的翅膀，飞蜥的“翅膀”来自肋骨，所以它们的优势就在于依然可以用“脚”走路。平时，飞蜥都是用“脚”站在树干上，察觉危险来临时就会迅速攀爬，在树上自由地“行走”。图❷

飞蜥的身长通常为20～25厘米，其中尾巴就占了身体总长度的2/3。尾巴长并不是飞蜥独有的特点，而是大多数树栖动物的共同特征。人们普遍认为这些动物在细树枝上行走时，它们的尾巴可以起到保持平衡的作用。


依靠肋骨支撑的皮膜，
用于在空中滑翔

**图❶**

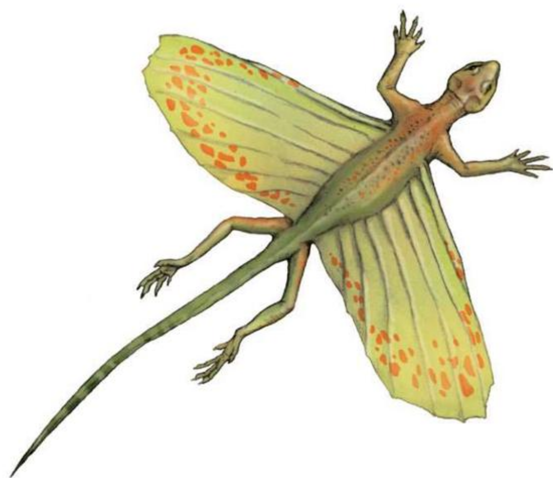

前足与飞行无关，
仅在移动时使用
无须滑翔时，“翅膀”
会收起来
长长的尾巴有助于在
树上保持平衡

图❷

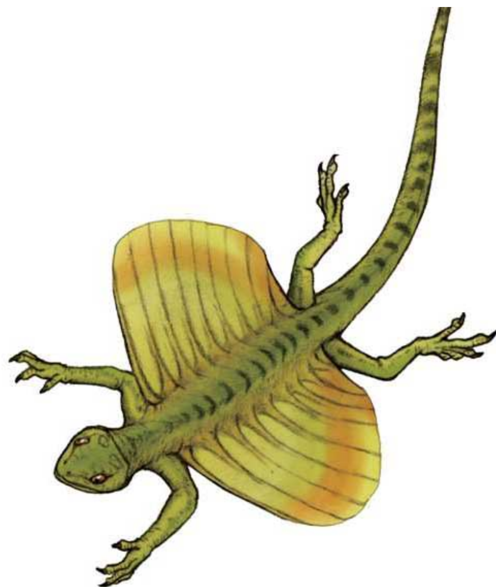
## ■ 演化 飞行爬行类时代

在距今大约2.5亿年前的一次生物大灭绝发生后，地球便进入了三叠纪。大量生物的灭绝换来新生物的崛起，爬行类一族迅速在陆地与海洋中大量繁衍。很多爬行类动物适应了水生生活，便进入海洋，乌龟和鳄鱼的祖先也出现在三叠纪。

像飞蜥这样会飞的爬行类动物在晚三叠世大量出现。它们被归为孔耐蜥科，和飞蜥一样，它们的肋骨从背部向两边延伸，腹侧长出翅膀，可以在空中滑翔。其中，最为人们所熟知的就是孔耐鳄与孔耐蜥。图❶据说由于孔耐蜥的“翅膀”不够大，它们无法在空中滑翔，从树上下落时，“翅膀”只能充当降落伞。

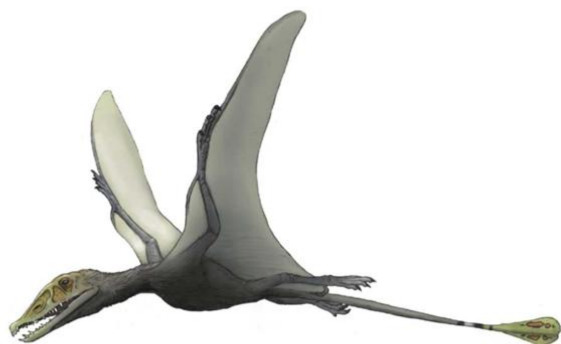


孔耐鳄（Kuehneosuchus）与飞蜥一样，身体两侧延伸的肋骨之间附有皮膜，用于在空中滑翔

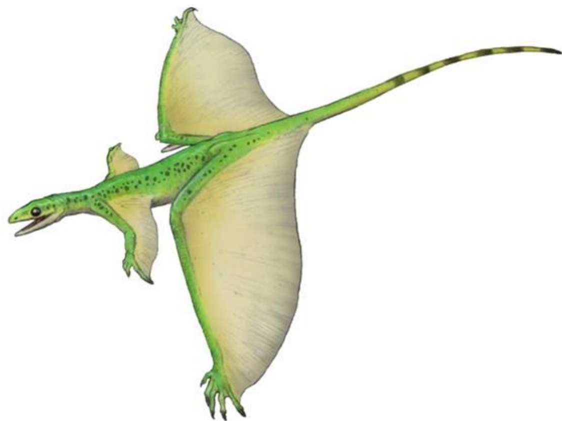


孔耐蜥（Kuehneosaurus）朝两侧延伸的肋骨之间也有皮膜，但无法滑翔。据说它们的“翅膀”只是在下落时充当降落伞

图❶ 类似飞蜥的飞行爬行类



沛温翼龙（Preondactylus）生活在三叠纪的翼龙，属于飞行爬行类动物。它们能像鸟类一样在空中展翅飞行，而不仅仅是短距离滑翔

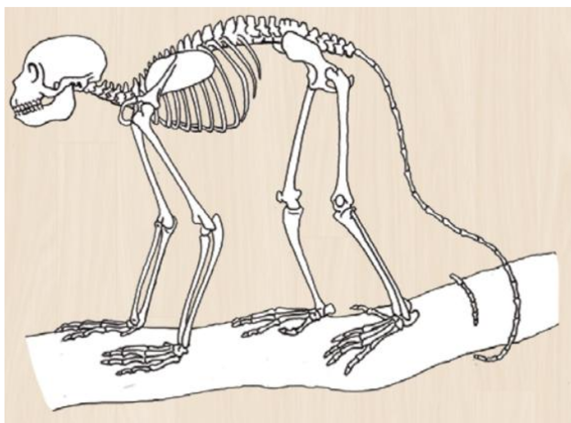


沙洛夫龙（Sharovipteryx）属于用后肢控制飞行的爬行类动物，通过张开后肢与尾部之间的皮膜在空中滑翔

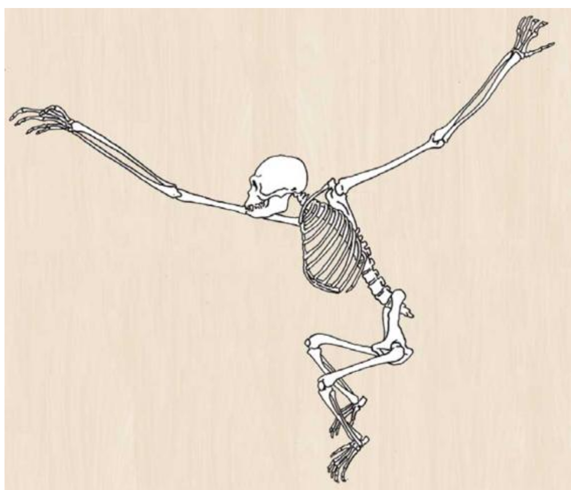
图❷已灭绝的飞行爬行类

除了会滑翔的爬行类动物外，三叠纪还出现了很多现已灭绝的飞行爬行类动物。图❷以无齿翼龙（*Pteranodon*）为代表的“翼龙”也出现在这一时期。它们是最早能在空中自由飞行而不仅仅是滑翔的飞行脊椎动物。另一种被称为沙洛夫龙的飞行爬行类动物更为独特，在它细长的后肢与尾巴之间，有一层皮膜。鸟类、蝙蝠甚至翼龙的翅膀都长在前肢上，沙洛夫龙的翅膀却来自后肢，它是一种罕见的用后肢控制飞行的爬行类动物。可见三叠纪是一个飞行爬行类动物为了适应环境而不断演化的过渡时期。

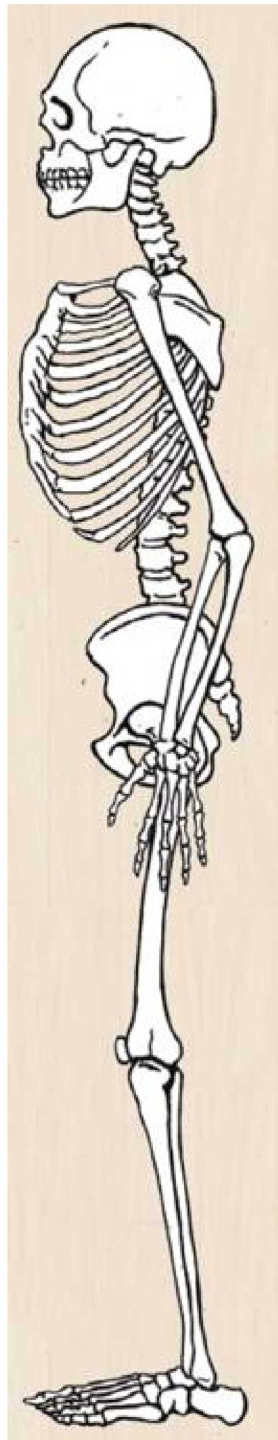
# 动物小知识1 尾巴



卷尾猴（Cebidae）能够卷曲并缠绕在树枝上的长尾巴被视为它们的第五只“手”。卷尾猴在树上行走时，尾巴还有助于保持平衡。



长臂猿（Hylobatidae）一种类人猿，生活在树上，但没有尾巴，擅长用长臂抓住树枝，交替摆动，悬荡前行。



人类 人类没有尾巴。也许是因为能够用双腿直立行走，人类不再需要靠尾巴来保持平衡，久而久之，尾巴便退化

了。

为什么人类没有尾巴？

人类是没有尾巴的。有一种说法是，如果追溯到远古，人类的祖先是长着长尾巴、生活在树上的猴子。对在树上生活的它们来说，长尾巴就像第五只“手”一样重要，可以用来紧握树枝或保持平衡。之后，我们的祖先开始从树上走下来并使用双腿在地面上行走。因此人们普遍认为，人类的尾巴由于失去了功能而逐渐退化。然而，最接近人类的长臂猿和大猩猩同样生活在树上，它们也没有尾巴。为此，关于人类的尾巴为什么不见了，众说纷纭，至今尚未得出结论。

# 第2部分 哺乳类（陆地）

## 大象

Elephant

长鼻子是大象的典型特征。然而，这条长长的鼻子不只是鼻子而已，还包括大象经过延伸的上唇。变长的象鼻和上唇除了用来呼吸，还能把水吸入鼻腔，把水和食物带入口中，甚至还能抓取食物。这是因为象鼻的顶端有一个突起，可以像人类的手指一样抓住或拾起较小的物体。




大象人

# 大象人变身法




集上唇与鼻子于一体的象鼻












人类的鼻子与上唇是各自分开的

将鼻子与上唇合为一体并朝前延伸

**完成变身！**

## ■ 功能 多功能象鼻

象鼻是由大象的鼻子和上唇延伸结合而成的肌肉组织，并没有骨头和关节，因此十分柔软、灵活，可以自由弯曲或伸缩。象鼻在大象的日常生活中发挥着重要作用。

象鼻就像人类的手一样，可以将食物和水送入口中。图❶而象鼻顶端的突起又如同人类的手指一样灵巧，甚至能捡起掉在地上的花生，然后将其送进嘴里。图❷另外，当大象处于比自己身高更深的水下时，它们可以举起长鼻子，伸出水面呼吸。图❸

在大象的世界里，如图❹那般彼此缠绕鼻子是一种社交礼仪，就像人类打招呼一样。大象用长长的鼻子轻柔地触摸小象则被认为是一种情感的表达，就像人类爱抚孩子的头一样。

据说大象的视力极差，但它们却拥有比犬类更敏锐的超强嗅觉，可以凭借嗅觉找到很远处的食物与水源，或者察觉到潜在危险。对大象而言，象鼻除了最基本的功能以外，还有其他各种用途，就像人类的手一样，可以充当社交工具，并且具有灵敏的触觉。总之，象鼻是大象得以生存的必不可少的身体器官。



图❶ 将食物和水送入口中

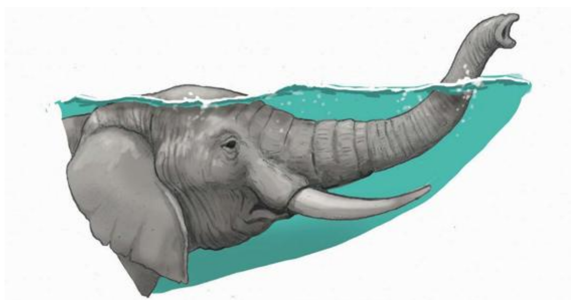


非洲象鼻子顶端的突起



亚洲象鼻子顶端的突起

图❷ 象鼻顶端的突起就像人类的手指一样，可以拾取物体



图❸ 通过高举鼻子在水里呼吸



图❹ 彼此缠绕鼻子是一种社交礼仪

## ■ 演化 大象的鼻子为什么会变长？




图❶ 原始大象：始祖象（Moeritherium）

图❷

大象为什么会有这么长的鼻子？大象的祖先到底是谁？这些问题至今没有明确的答案。长期以来，人们普遍认为始祖象就是象类最古老的祖先，但始祖象并没有长长的象鼻。图❶

始祖象生活在大约3600万年前的新生代。它们体长、腿短，外形更接近河马，大小又和猪差不多，看起来与现在的大象相去甚远。那时，始祖象似乎像河马或貘一样生活在水边，并以柔软的水草等水生植物为主要食物。之后，大象家族在演化过程中体形逐渐变大，随着四肢变长、身体变高，它们慢慢长出了长鼻子。

为什么唯独鼻子变长了呢？因为象类的特征包括拥有长长的象牙、巨型臼齿和巨大的头部骨骼等。这些特征直接导致大象的头部变得非常沉重，光是靠伸长脖子或屈膝跪地等方式根本无法吃到地上的食物。

因此，一种更有效的方式就是用软管一样的长鼻子来“运输”地上的食物或水，而不需要移动沉重的头部。也许这就是大象演化出长鼻子的原因吧。图❷

# 长颈鹿

Giraffe

包括我们人类在内，哺乳类动物基本上都只有7块颈椎骨。长颈鹿的长脖子同样也是由7块颈椎骨构成的，只不过每一块骨头都特别长。但由于颈椎骨之间的关节数比较少，所以它们的脖子弯曲度有限。

如果人类有
这样的身体
结构……

长颈鹿人

长颈鹿人变身法


长颈鹿


长颈鹿的骨骼
长颈鹿和人类一样有7块颈椎骨，只是每一块骨头都特别长

人类的颈椎骨每一块都比较短






把每一块都拉长




完成变身！

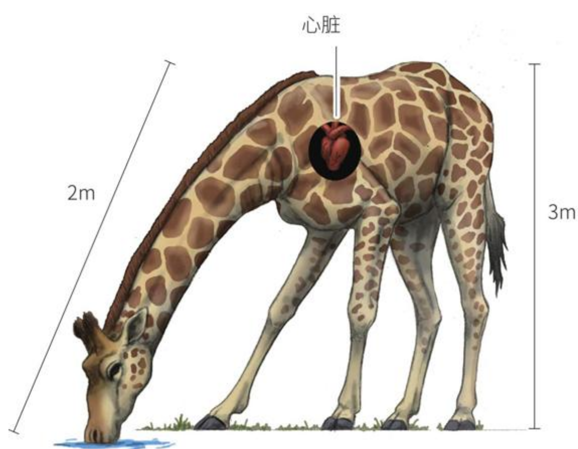
## ■ 结构 得天独厚的长脖子

长颈鹿的头部距离地面约5米，心脏距离地面约3米，因此心脏需要很高的血压才能把血液输送到2米之上的头部。图❶我们比较了哺乳类动物的血压并得到如下结果：人类120 mmHg，犬类110 mmHg，牛160 mmHg，猫170 mmHg，而长颈鹿的血压是260 mmHg，明显高于其他动物。

然而，当长颈鹿低头喝水时，它们的头部要移向距离心脏3米之下的地面。由于长颈鹿的血压本身就比较高，一时间大量血液会涌入其头部。如果再从脑充血的状态下忽然抬起头来，血液又会急速回流，很可能会导致贫血。

实际上长颈鹿却完全没有这种困扰，原因就在于它们的脑底部有一团海绵似的网状小动脉。图❷这一特殊构造可以缓冲来自颈动脉的血液，防止大量血液一次性涌入大脑。

话说长颈鹿的近亲朋友中有一个叫□□狓（Okapi）的家伙。虽然这家伙没有长脖子，但脑底部也有可以缓冲血流速度的网状小动脉。有人说□□狓就是原始的长颈鹿，也许正是因为有了网状小动脉的保护，长颈鹿才能在演化的过程中逐渐长出长长的脖子。




图❶ 正在喝水的长颈鹿




图❷



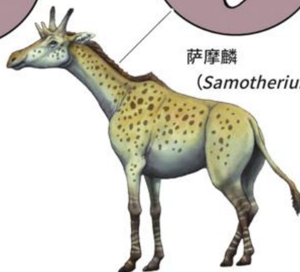
与长颈鹿相比，颈椎骨要短得多



獾㹢狓

靠近头部一侧的颈椎骨变长，整体比獾㹢狓的颈椎骨长



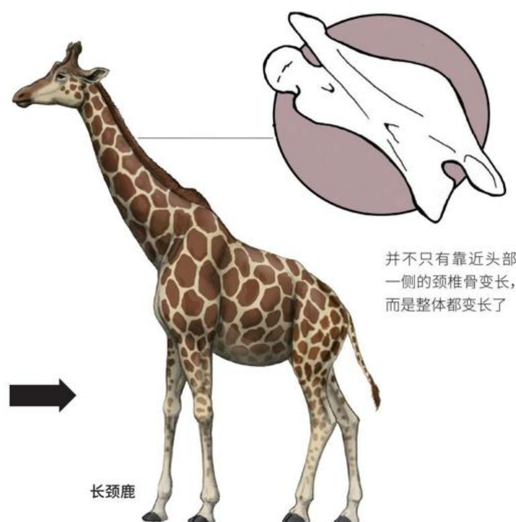


萨摩麟（*Samotherium*）

## ■ 演化 脖子变长的两个阶段

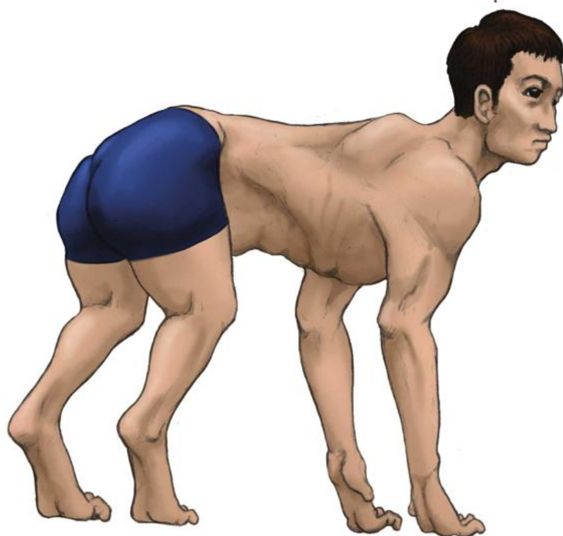
如今，长颈鹿家族中只剩下栖息于热带、亚热带稀树草原的长颈鹿和生活在热带雨林的□□狓。然而在远古时代，它们的亲朋好友可多了，有的长着雄鹿般威风的鹿角，有的拥有牛一样结实的体格，但唯独没有脖子长的。那么，在演化过程中，长颈鹿的脖子是怎样一步一步变长的呢？

在2015年发表的一项研究中，纽约理工学院的梅琳达博士将现生长颈鹿与已灭绝的古长颈鹿的颈椎骨长度进行了比较。结果表明，现生长颈鹿脖子变长是由于每一块颈椎骨都在慢慢变长。只要能找到已灭绝的古长颈鹿的颈椎骨化石，我们就能大致推算出它们脖子的长度。在研究对象中，有一类演化中的古长颈鹿，它们就是大约700万年前广泛分布于欧亚大陆的萨摩麟。萨摩麟颈椎骨的特征是：只有上半部分（靠近头部的地方）的颈椎骨变长。相比之下，现生长颈鹿的颈椎骨上、下两部分都变得很长。这一现象表明，长颈鹿脖子变长的过程分为两步，首先是颈椎骨的上半部分变长，随后才是下半部分变长。



# 犬

Dog

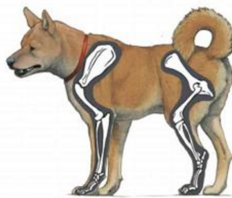



犬人

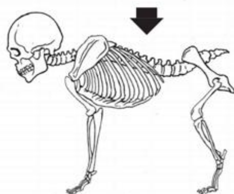
人类站立时足底紧贴地面。如果像犬类那样站立，则我们的脚掌将变得细长，脚跟离地并保持在距地面较高的位置，始终用脚趾和前脚掌的一部分行走。这种行走方式被称为趾行，除犬类外，猫科动物等肉食性哺乳动物也多以这种方式行走。

犬人变身法

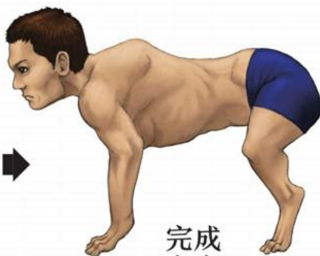

犬类


犬类的四肢骨骼
脚跟离地，悬空于较高的位置，趾尖着地


人类的脚
脚尖和脚跟都着地


把脚跟和手掌抬高，变成用趾尖（指尖）站立的方式




完成变身！

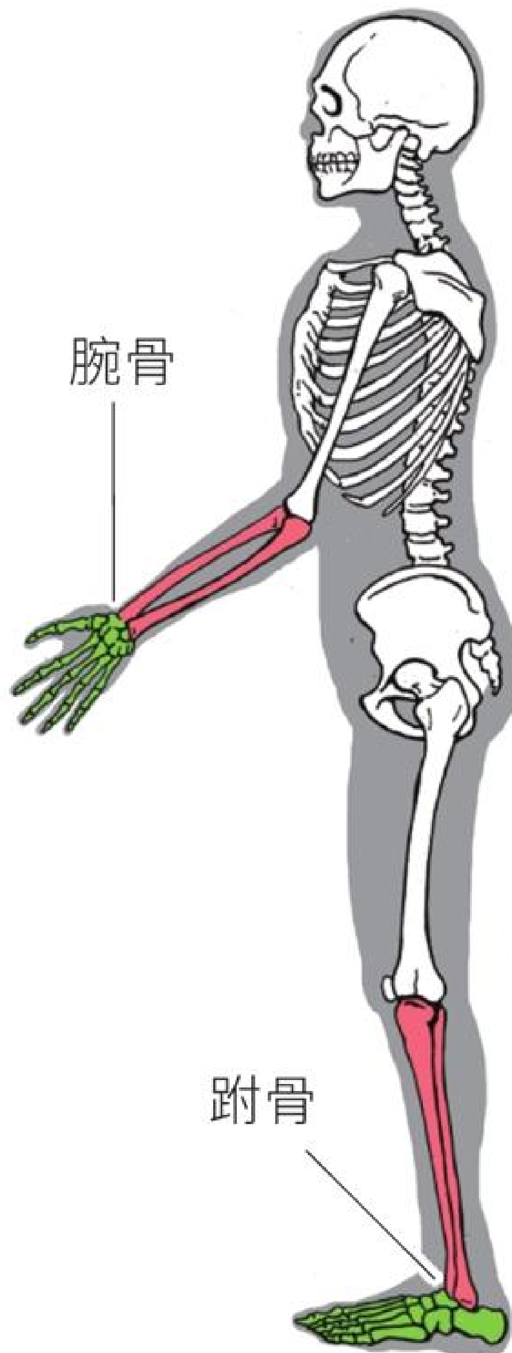
## ■ 结构 哺乳类的三种足型

哺乳类动物用于行走、奔跑的足型分为三种：跖行足、趾行足和蹄行足。

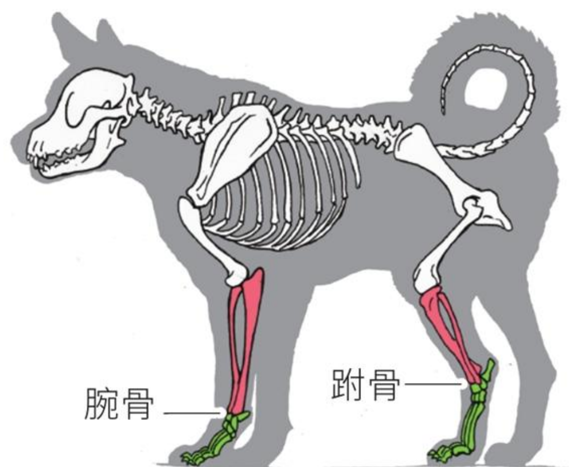
包括我们人类在内的灵长类、熊以及熊猫等动物都是跖行性动物。图❶这类动物行走时脚跟着地，并用整个手掌或脚掌走路。由于脚掌或手掌与地面的接触面积较大，所以这种行走方式最具稳定性。许多跖行性动物都可以像人类一样用两只后足站立，比如熊。曾经靠两只后足直直站立萌翻众人的小熊猫，也属于跖行性动物。

从演化的角度出发，跖行足可以说是最原始的足型，比这种足型更善于奔跑的是趾行足。图❷趾行性动物抬起脚跟后，只靠脚趾与地面接触，着力点减少导致丧失了一部分稳定性，但腿变长的同时也赢得了速度。此外，由于趾行足十分柔软，趾行性动物通常擅长潜行，能够悄无声息地接近猎物，因此这种足型在肉食性动物中很常见。

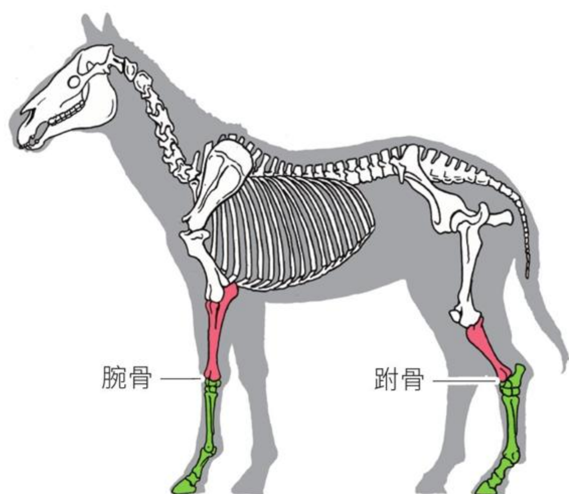
而总是被肉食性动物追逐的草食性动物，它们的蹄行足追求的似乎只有速度。图❸蹄行性动物始终保持着芭蕾舞者那样脚尖着地的状态，以这种方式增加了四肢骨骼的长度，为跨出更大的步伐创造条件。




图❶ 跖行足 人类 注重稳定性的足型




图❷ 趾行足 犬类 兼具速度与柔软性的足型




图❸ 蹄行足 马类 注重速度的足型


33 000 年前
犬类的祖先是被驯养的狼
狩猎采集时代
犬类是人类狩猎时的好帮手，
与人类共同生活

## ■ 历史 犬类是人类最古老的朋友

为满足人类生活需求而被饲养的动物叫作家畜。例如，猪和牛的肉可以食用，马和骆驼可以搬运东西或作为交通工具使用，羊可以贡献皮毛，等等。不同家畜可以满足人类的不同需求。除此之外，像猫、兔子等能够舒缓情绪、疗愈心灵的宠物也是人类的好朋友。

据说早在33000年前，犬类就已经被人类驯化——远远早于其他家畜，成为家畜史上元老级的存在。也就是说，似乎在进入农耕畜牧时代之前，犬类就已经和人类共同生活了很长一段时间，是当时人类捕猎野生动物的好帮手。

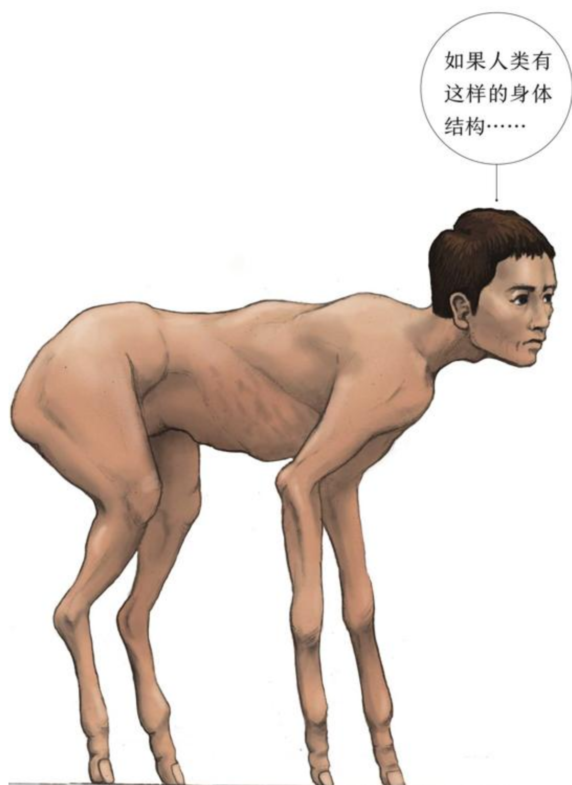



犬类的趾行足擅长快速奔跑，而人类的跖行足可以稳稳地站立于地面。在人类祖先的前肢从支撑身体行走中解放出来，变成手臂后，他们逐渐学会了投掷并擅长于此。于是，犬类追逐猎物，人类朝猎物投掷长矛，或许他们当时就是以这种互补的方式来合作的。从狩猎采集时代进入农耕畜牧时代后，人类不再需要以打猎为生，因而犬类的角色也从狩

猎帮手慢慢转变为牧羊犬、导盲犬，甚至作为宠物与人类生活在一起。

# 马

Horse

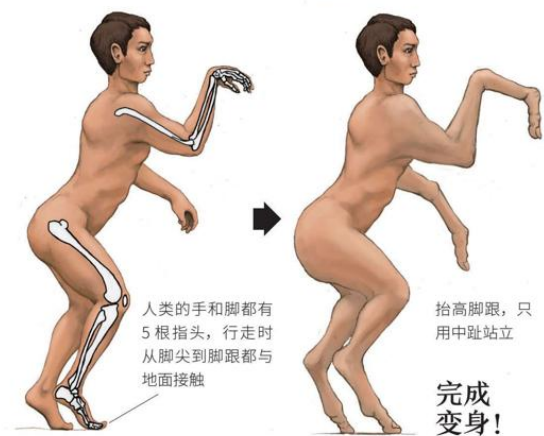



马人

马蹄经过数千万年的演化，最终只剩下一根脚趾：第三趾，即中趾。与人类相比的话，马的脚掌、手掌以及四条腿都很长。据说正是由于这一特征，马类才擅长奔跑并生活在辽阔的大草原上。

## 马人变身法


马
脚跟离地，只靠
一根中趾支撑身体
马的骨骼


人类的手和脚都有
5 根指头，行走时
从脚尖到脚跟都与
地面接触
抬高脚跟，只
用中趾站立
完成
变身！

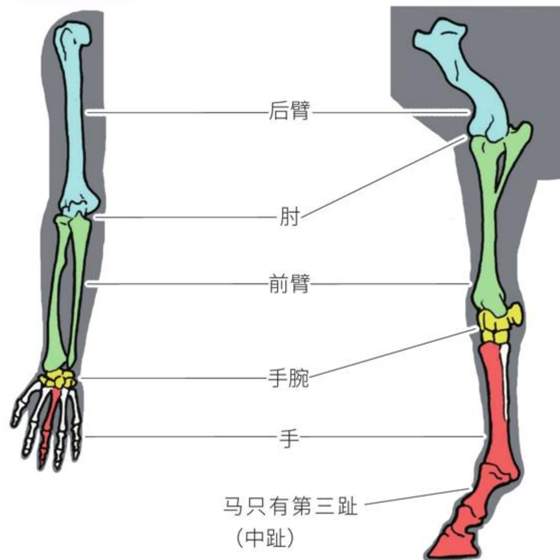
## ■ 结构 奔跑是唯一的追求

人类的手臂有很多功能，包括抓握、投掷或将食物送到口中。而马作为蹄行性动物，四条腿的存在只是为了追求更快的速度。功能上的差异使得马腿与人类的四肢在形态上存在许多差异。

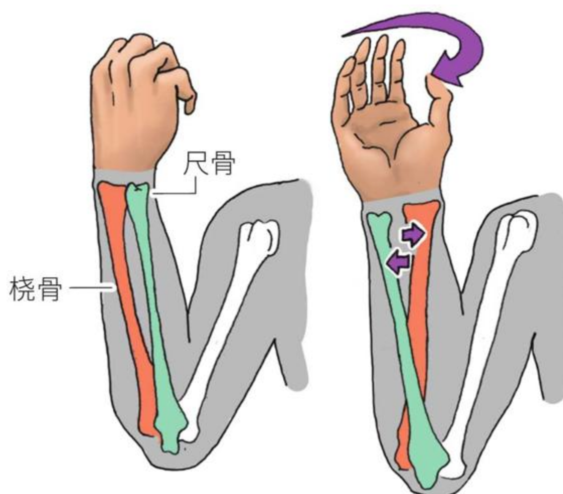
人类有五指，而马只有唯一的第三趾——为了减轻体重，其他四根足趾都退化了。此外，比起腕骨与跗骨，马类的趾骨要长得多，这使得马的四条腿整体上变得很长，能跨出更大的步伐。图❶

人类的前臂（从肘部到腕部）有桡骨和尺骨两根长骨，桡骨能够围绕尺骨旋转，当桡骨与尺骨平行交叉时，手臂就能完成更复杂的动作。图❷

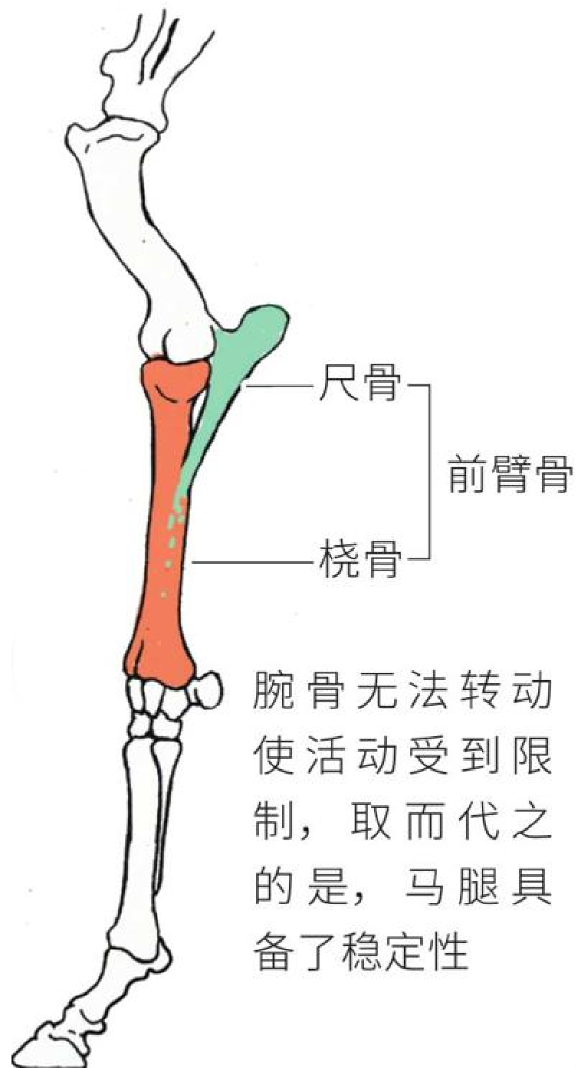
马的前腿相当于人的手臂，但它们的桡骨与尺骨几乎合二为一，成了一根大骨，因此无法完成转动的动作。图❸与人类的手臂相比，马腿活动起来会受到更多限制。不过，对只需要用力踩踏地面奔跑的马来说，过多复杂的动作并无意义。倘若马的四肢骨骼也具有人类桡骨、尺骨那样交叉的能力，反而会让它们有扭伤的危险。也许正因如此，马的骨骼结构才会演化成现在这个样子。




图❶




图❷




图❸

始祖马（*Hyracotherium*）

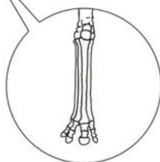




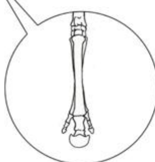
三趾马（*Hipparion*）



不需要快速奔跑，因而足趾没有合并



尽管有三根足趾，但生活在草原上的三趾马需要奔跑，因而两侧的足趾逐渐萎缩退化



## ■ 演化 环境变化造就一“趾”独秀

最终，马类以单趾驰骋草原并完成了它们的演化。而在此之前，它们又是以何种姿态存在的呢？

名为始祖马的化石最早发现于北美与欧洲。这种动物生活在大约5000万年前，体形小于现生马，前足四趾，后足三趾；牙齿结构简单，为低冠齿，臼齿比现生马小，主要以柔软的树叶为食。现生马食用的是草原上含有坚硬石英颗粒的草，而臼齿不发达的始祖马根本无法承受这种草带来的牙齿磨损。只能吃柔软树叶的始祖马喜爱多树木的环境，也不需要像现生马那样在草原上快速奔跑。




到了大约2000万年前，气候变化使很多地区的森林变成了草原，于是马类族谱中出现了一群能够适应草原环境的新成员——三趾马。尽管它们保留着三根足趾，但实际上两侧的足趾已经开始萎缩、变小，根本接触不到地面，三趾马站立时几乎只靠一根中趾。后来，马类两侧的趾

骨逐渐退化，最终演变成现在的单趾。

# 狮子

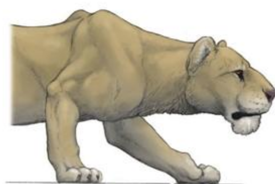
Lion

人类的双脚需要负重，所以比双手更有力量。而狮子在抓捕猎物时，会用相当于人类双手的前肢控制住猎物，因此它们的前肢同样力量惊人。这种捕食需求要靠异常发达的肌肉来满足，于是，狮子用于支撑肌肉的肩胛骨也变得巨大而隆起。



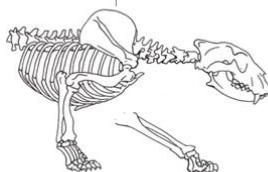

狮人

狮人变身法

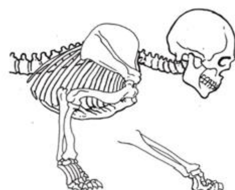


狮子

为了支撑强而有力的前肢，
肩胛骨变得巨大而结实

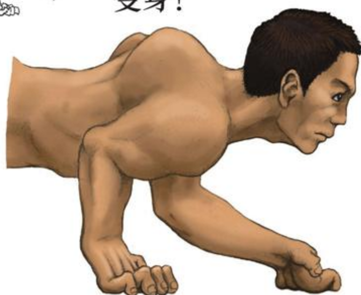


狮子的骨骼



让肩胛骨变大，只用手指
与指根接触地面

完成
变身！



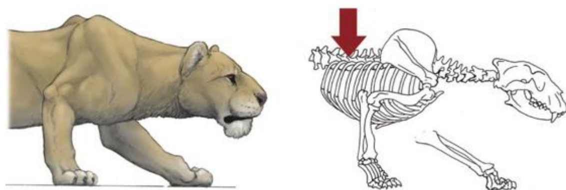
## ■ 结构 捕猎专属体格

狮子属于大型猫科动物，善于匍匐潜行，小心翼翼地靠近目标，然后突然发动致命一击。狮子之所以善于潜行伏击，还要仰仗其高高凸起的肩胛骨。这种骨骼结构使用来支撑身体与头部的脊柱深陷于两个前肢之间，因此狮子能够在潜行时始终保持较低的体式。图❶

完成伏击后，狮子首先会用强壮的前肢放倒垂死挣扎的猎物，然后攻击头部，击断它们的颈骨或脊柱，让猎物动弹不得。大部分四足动物的后肢是决定其运动能力的主要因素，因此它们的后肢比前肢更为强壮有力。但狮子需要依靠前肢力量来捕杀猎物，因此相比于后肢，其前肢力量也毫不逊色。另外，与其他动物不同的是，狮子的身体重心也在前肢上。

狮子的咬杀方式还包括锁喉——凭借强劲的咬合力以及发达的犬齿快速切断猎物的气管，令其死于窒息。狮子的颌部咬肌非常发达，并牢牢固定在头盖骨后方的矢状脊上，使狮子能发挥出超强的咬合力。图❷

正是因为拥有这样得天独厚的身体结构，狮子才能成为优秀的捕猎高手，坐上“森林之王”的宝座。




图❶



**狮子发达的颌部肌肉**

头骨内侧有一大块发达的咬肌

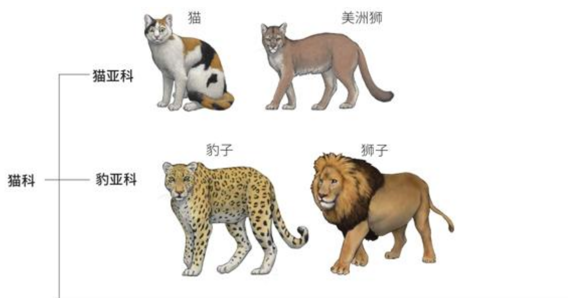




**人类的颌部肌肉**

人类的咬肌只用于咀嚼，这块肌肉比狮子的小得多

**图❷**



## ■ 演化 消失在演化过程中的大型物种

狮子所属的猫科动物大致可分为猫亚科和豹亚科两大类。猫亚科动物种类繁多，从宠物猫、山猫到美洲狮都是这一家族的成员。豹亚科动物体形较大，家族成员包括狮子、老虎、豹子等，与猫亚科动物不同的是，它们会发出咆哮。

很久以前，除了猫亚科和豹亚科，还存在着现已灭绝的剑齿虎亚科（Machairodontinae）——通常被称为剑齿虎的一类肉食性动物，其中刃齿虎（*Smilodon*）是剑齿虎家族中最耀眼的明星。它们的上颌处长有超级夸张的“匕首牙”，长度甚至可以达到20厘米。据说为了有效配合巨型剑齿，刃齿虎上下颌的开合角度可以达到90度。人们认为如此巨大的剑齿并不适合咬碎坚硬的骨头，而是用来刺入猎物的咽喉，使其大量失血而死。

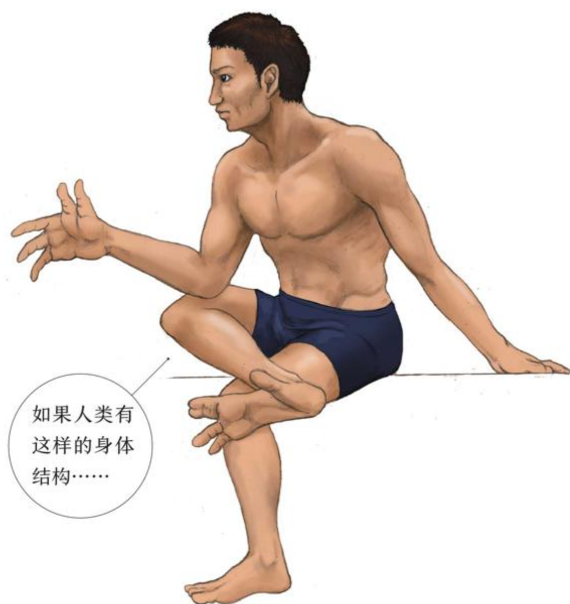



另外，刃齿虎前肢粗壮，毫不逊色于狮子，因而擅长肉搏。然而，它们天生有着一副不擅奔跑的体形——膝盖以下的部分特别短，奔跑时用来保持平衡的尾巴也不长。于是在选择猎物时，比起体形较小、奔跑迅速的动物，刃齿虎更倾向于凭借巨齿和战斗力，向猛犸这类动作迟缓的大型哺乳动物发起挑战。

# 树袋熊

Koala

大家都知道树袋熊爱吃桉树叶。它们前足（手掌）的拇趾和食趾与其余三趾分开，而后足（脚掌）只有拇趾与其余四趾分开。据说正是因为树袋熊大部分时间都在树上度过，它们的手掌和脚掌才演化成最适合抓握树枝的形状。




树袋熊人

树袋熊人变身法




人类的手掌只有第一指（拇指）与其他四指分开，将第二指（食指）也靠向第一指；脚掌部分模仿人类的手掌，将第一趾与其他四趾分开

**完成变身！**

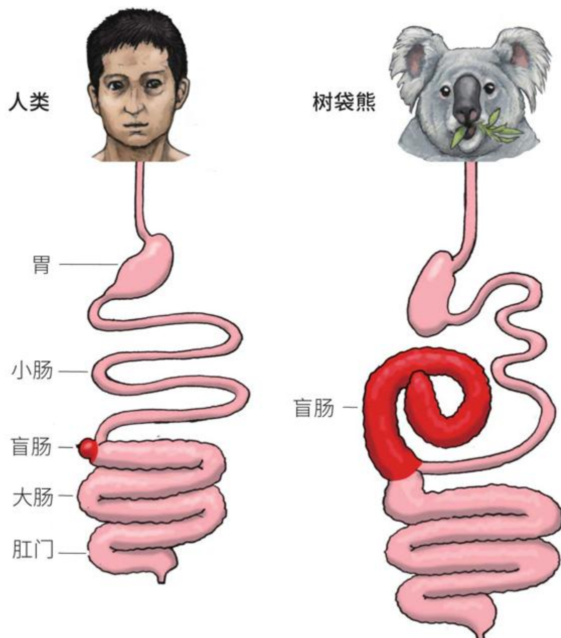
## ■ 结构 可以解毒的惊人肠道

树袋熊生活在桉树众多的澳大利亚东南部，几乎大部分时间都在树上度过。它们的手脚逐渐演化成易于抓握树枝的形状，不仅如此，它们的内脏也非常特殊。

树袋熊因其不寻常的饮食习惯而闻名于世，它们几乎只吃桉树叶，甚至连水都不喝，大部分的水分摄取也来自桉树叶。不过桉树叶很难被消化，营养价值又极低，为了避免消耗过多体力，树袋熊一天之中大约有20个小时都在树上睡觉。另外，桉树叶有毒，所幸其他动物无福消受，树袋熊可以安心独享了。那么为什么树袋熊吃了有毒的树叶却照样平安无事呢？

事实上，树袋熊的肠道非常长，单是盲肠就有2米。而我们人类的盲肠仅有6~8厘米长，这样一比就感受到差距了吧。图❶树袋熊肠道中的微生物会用很长的时间来分解桉树叶，使它们自身不会受到毒素的影响。

刚出生的小树袋熊体内没有可以分解毒素的微生物，所以大约在出生6个月后，它们就开始吃妈妈的“便便餐”。妈妈的便便里含有可以解毒的微生物，食用后可以帮助小树袋熊消化桉树叶。图❷

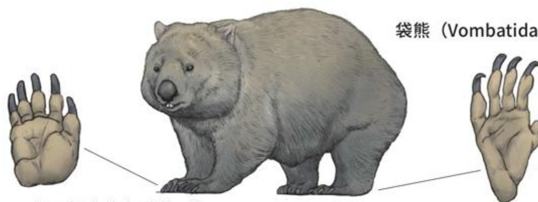



图❶ 人类与树袋熊的肠道比较




图❷ 吃“便便餐”的小树袋熊


树袋熊
便于抓握树枝的手掌


袋熊（Vombatidae）
便于掘土的大手掌

## ■ 演化 有袋类动物的巨型祖先

树袋熊属于有袋类哺乳动物，它们可以产下没有发育完全的幼崽，并将早产的幼崽放在育儿袋里抚养。除了以负鼠（Opossum）为代表的一部分动物生活在美洲大陆，绝大部分有袋类动物都分布在澳大利亚。

栖息在澳大利亚的有袋类动物种类繁多，其中与树袋熊亲缘关系最近的就是袋熊。作为同族伙伴，它们有着相似的身体形态，但生活方式却截然不同。树袋熊生活在树上，而袋熊行走于地面，挖洞栖居。树袋熊"3＋2"的足趾分配模式更有利于抓住树枝，而袋熊那大铲子般的前爪，更有利于轻松地掘土打洞。



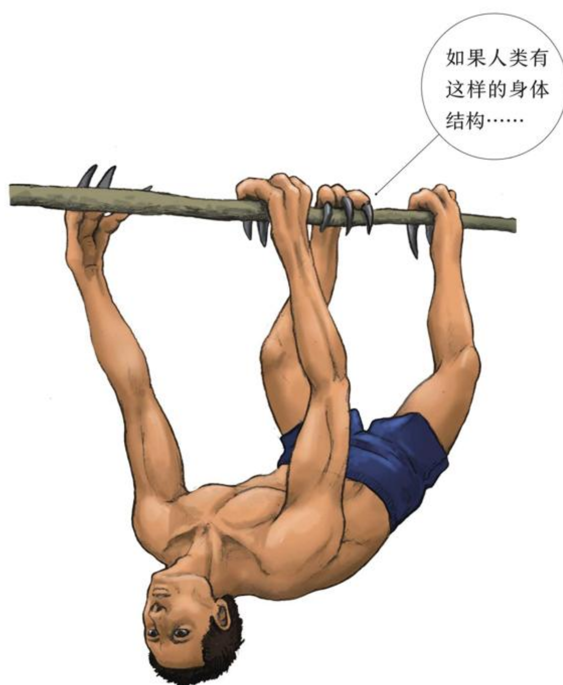
双门齿兽（Diprotodon） 史上最大的有袋类动物

话说在很久以前，树袋熊和袋熊还有一位体形庞大的亲戚——双门齿兽。这位亲戚身长约3米，肩高相当于成年男子的身高，体重可达2吨以上。拥有这种体形的双门齿兽很难像树袋熊那样爬树，也无法像袋熊那样挖出适合自己居住的巨大洞穴。双门齿兽之所以成为庞然大物，也许是因为当时的生存环境中还存在其他巨型肉食性有袋类动物，不演化出这样庞大的身躯就无法与之抗衡。

# 树懒

Sloth

树懒除了大约每周一次在地面上排尿、排便以外，其他时间几乎都倒挂在树枝上。之所以能够长时间地保持倒挂姿势，是因为树懒的前后肢都有长而弯曲的利爪，它们能像钩子一样牢牢地钩住树枝。不过，当树懒下地的时候，那么长的爪子反倒成了累赘。

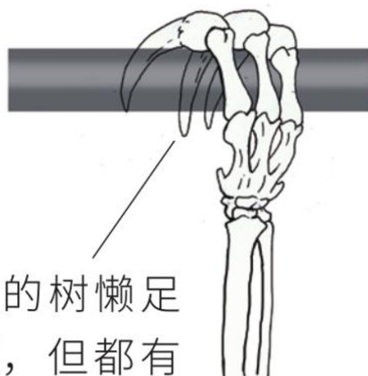



树懒人

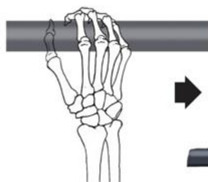
树懒人变身法



树懒




树懒的手掌骨骼



人类用手抓握物体时，先用手掌包住然后弯曲五根手指紧握



伸直三根手指，只用爪子钩住物体



## ■ 结构 南美洲特有的爪类动物

树懒的确很懒，由于动作迟缓，才被叫作树懒。它们的一生几乎都在树上度过，凭借钩子般的爪子倒挂在树枝上，这种悬挂方式要比靠手部肌肉抓住树枝轻松得多。图❶

此外，树懒是少数无法维持自身体温的哺乳动物，需要像爬行类动物那样通过阳光照射等方式来调节体温。动物的体温来自食物在体内分解所产生的热量，而不需要维持体温的树懒每天只摄取8克的植物就够了，相当于一片树叶的重量。

树懒是一种南美洲特有的动物，作为树懒的近亲小伙伴，食蚁兽和犰狳也多见于南美洲，它们都很特别。包括树懒在内，这些小伙伴被称为异关节目（又称贫齿目）动物，它们整体的演化过程相对独立，主要发生在南美大陆上。

大食蚁兽和大犰狳虽然也有着和树懒一样特殊的爪子，但它们的用途却不同。大食蚁兽的第三趾（中趾）尤其发达，拥有镰刀状的钩爪，可以摧毁白蚁的巢穴，然后饱餐一顿。图❷大犰狳是擅长挖掘的动物，它们的爪子适用于掘地打洞。图❸






图❶ 三趾树懒







图❷ 大食蚁兽





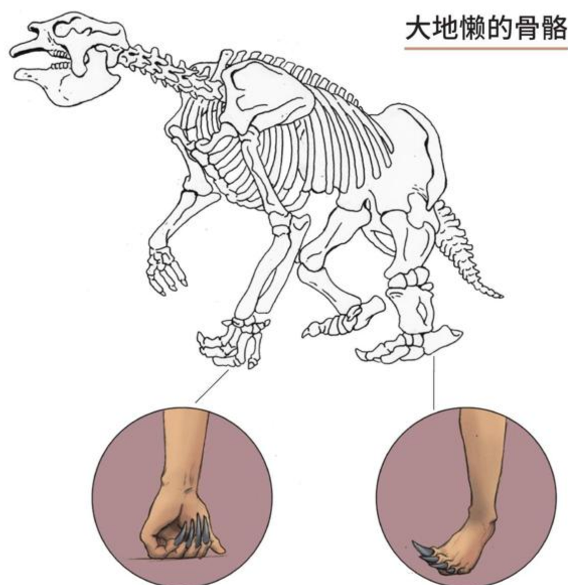


图❸ 大犰狳


已灭绝的陆生地懒
大地懒（Megatherium）
现生三趾树懒

## ■ 演化 巨型大地懒

树懒是一种生活在树上的动物，无论吃饭、睡觉，还是繁衍后代，它们的一生几乎都在树上度过。不过，很久以前，树懒家族中有一类只生活在陆地上的物种，它们就是在大约1万年前灭绝的大地懒。为什么大地懒没有生活在树上？这是因为它们的体形过于庞大，以至于我们很难想象大地懒是树懒的亲戚。据推测，大地懒身高约6米，体重可达5吨，是一个与非洲象级别差不多的庞然大物。恐怕地球上没有那么大的树能让它倒挂在上面。




用人类的手脚来演示的话，
大概是这种行走方式

用两只脚或四只脚行走的大地懒与现生树懒相比，无论在外形还是生活方式上都存在着很大的差异，不过大地懒的前脚和后脚都长有利爪。据推测，大地懒用两条短而粗壮的后肢站立，用巨型前爪拉下树枝，吃上面的叶子，或者用前爪挖掘植物的块茎来充饥。前脚和后脚都

长有利爪使大地懒在用四只脚走路时很不方便，它们只能采用这样的姿势：前脚掌背侧着地，也就是指关节着地；后脚掌外缘着地，脚底略微向内翻，以免行走时利爪陷入地面。

# 兔子

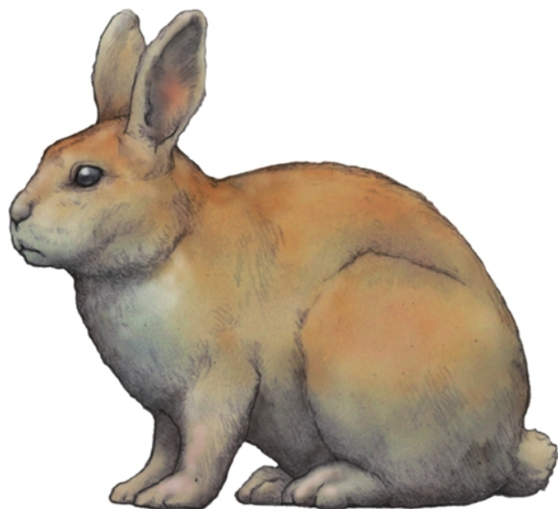
Rabbit

兔子的头上长着一对长耳朵。与其他动物不同的是，兔子的耳朵相对于其身体显得很大。另外，兔子耳朵的活动范围也很大，兔子通过转动耳朵可以听到更远处传来的声音。

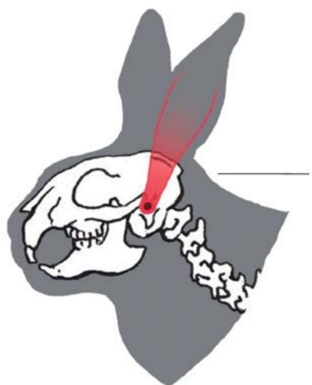



兔人

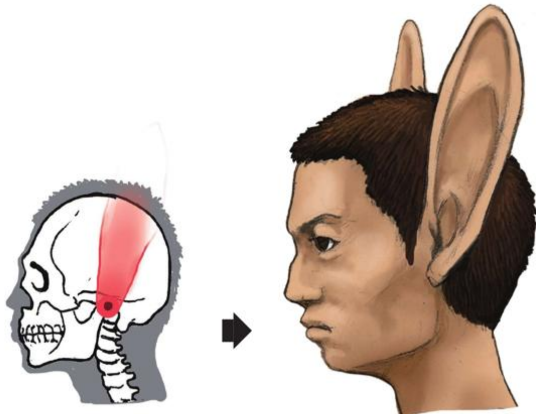
兔人变身法



兔子




兔子的骨骼



人类的耳朵长在头部两侧，内耳靠近下颌关节处；整体来看，耳朵位于头部偏下的位置

把外耳朝上方拉长，变大

**完成变身！**

## ■ 功能 努力求生的长耳朵

兔子体形娇小，又没有犄角或“铠甲”等防身武器，自然会成为肉食性动物的最爱。无论是地上的狐狸、黄鼠狼，还是天上的老鹰、猫头鹰等猛禽，都把目光锁定在兔子身上。没有任何防身之术的兔子，唯一能做到的就是尽早发现敌情，撒腿就跑。这时，那对长长的耳朵就发挥作用了。

我们人类在听不清声音的时候，会下意识地做出把手掌靠近耳朵的姿势。因为耳朵是一种声音接收器，耳郭的面积越大，就能接收到越多的声音。这也是兔子转动它们的大耳朵的原因，当天敌靠近时，不能错过任何一丝声音。

此外，兔子又大又长的耳朵还有散热的重要作用。图❶人类在高温环境下或剧烈运动后，身体会产生热量，这时人体会通过出汗散热来达到降温的效果。而兔子是一种几乎不出汗的动物，全靠耳朵来散热。兔子的耳朵上分布着丰富的血管脉络，又大又长的耳朵为热交换提供了更大的表面积。当风吹到血管表面时，流过体内的血液会被冷却，这使得兔子的身体不会变得太热。除了兔子，非洲象、耳郭狐等生活在炎热地带的动物也靠耳朵来散热，这些动物的耳朵通常较大。相反，生活在寒冷地区的动物，耳朵普遍较小。图❷


耳朵上布满了丰富的血管，暴露在空气中就能让流经体内的血液冷却，使身体不至于过热

图❶


耳郭狐
狐狸
北极狐
炎热地区
寒冷地区
生活在炎热地区的动物，耳朵普遍较大

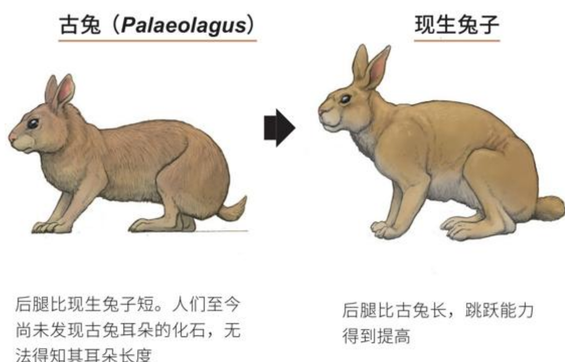
图❷

## ■ 演化 起源于亚洲，在美洲演化的祖先

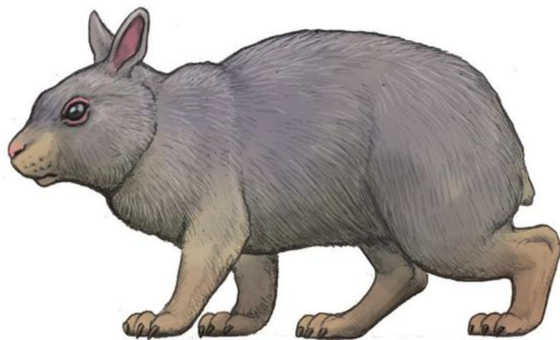
古代兔子最早出现在大约5000万年前。由于最古老的古兔化石在中国发现，因此人们普遍认为兔子起源于亚洲，接着迁徙到北美洲，最后广泛分布于欧洲及非洲各地区。

似乎在从亚洲迁移至北美洲以后，兔子才演化成现在的样子。从距今大约3800万年前的地层中发现的古兔化石来看，它们当时的模样和现生兔子没有太大区别。尽管用于跳跃的后腿骨比现生兔子的短，但已经开始变长了。图❶

在距今大约2000万年至800万年前之间，古兔在北美大陆演化，而在欧亚大陆不曾发现同一时期的古兔化石。因而人们推测古兔可能在这一时期从欧亚大陆上消失，之后再次从北美大陆迁徙而来，重新将栖息地扩大到欧亚大陆。




图❶



图❷ 上新五褶兔（Pliopentalagus）

中国出土过大量同一时期的上新五褶兔化石，甚至在日本三重县，人们也发现了一部分上新五褶兔的头骨化石。上新五褶兔是曾经栖息在欧亚大陆的一个古代兔种，据说它们是如今分布在日本奄美大岛与德之岛一带，被称为活化石的琉球兔（*Pentalagus*）的祖先。图❷

# 犰狳

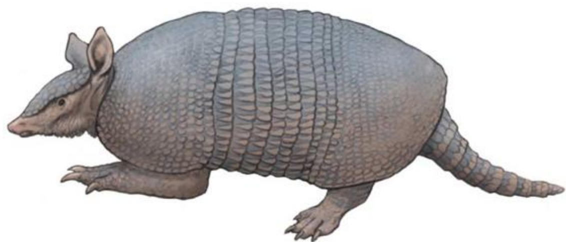
Armadillo

犰狳是一种背上长有铠甲的哺乳动物。它们的皮肤由无数块被称为骨质甲的小骨片组成，这些小骨片像拼图一样拼出犰狳完整的、异常坚硬的铠甲。铠甲的中段呈环带状排列，可灵活卷曲。有些种类的犰狳甚至可以像球鼠妇（又称团子虫）一样，把整个身体蜷缩成球状。

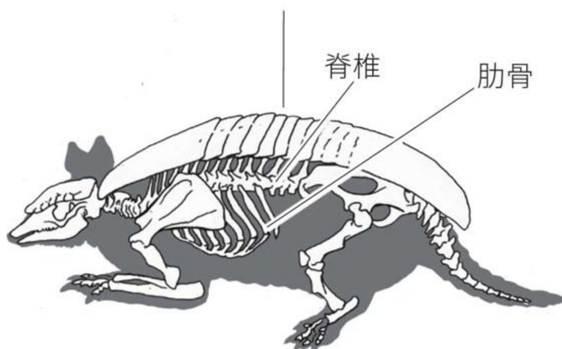



犰狳人

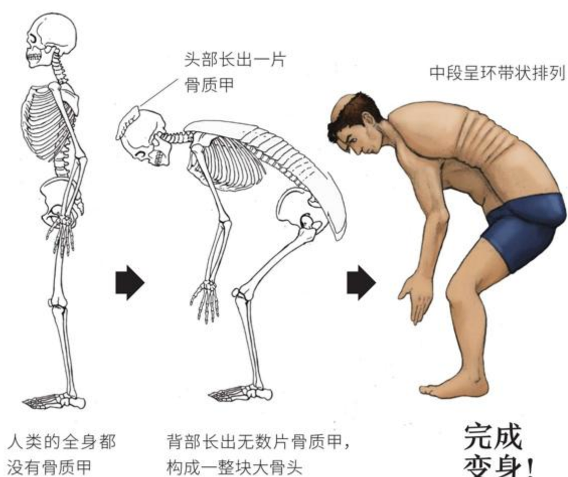
## 犰狳人变身法



犰狳


和鳄鱼等动物一样，从皮肤里长
出来的骨质甲构成了犰狳的铠甲
脊椎
肋骨

犰狳的骨骼

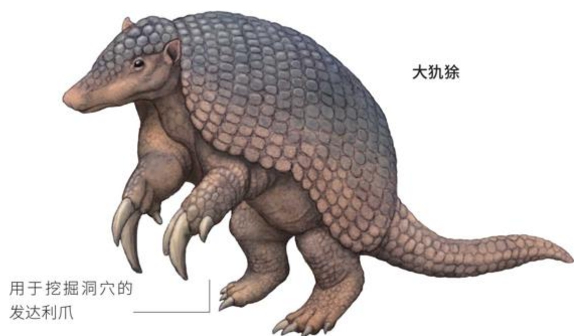

头部长出一片
骨质甲
中段呈环带状排列
人类的全身都
没有骨质甲
背部长出无数片骨质甲，
构成一整块大骨头
完成
变身！

## ■ 结构 擅长挖洞的爪子与防御性铠甲

犰狳种类繁多，从手掌大小的小帔蓬犰狳，到身长近1米的大犰狳，共有20多种。它们的新陈代谢非常缓慢，囤积脂肪的能力也差，所以非常怕冷，因而犰狳家族主要栖息在中美洲和南美洲的温热地带。

犰狳昼伏夜出，白天大部分时间都在地下挖洞，专门用来挖洞的利爪可以说是它们的特征之一。大犰狳中爪子最长的有将近20厘米。图❶对一个身长约1米的家伙来说，爪子长度竟然占了两成——应该算是现存动物中爪子占身体比例最大的了。

犰狳最大的特征就是它们背上的铠甲，然而不同于由肋骨等骨骼构成的龟壳，犰狳的铠甲其实更类似鳄鱼等动物，是由皮肤变来的。因此，从某种程度上来说，相对于龟壳，犰狳的铠甲具有一定的柔软性，可以自由活动。尤其是三带犰狳，它们可以灵活地将铠甲滚成一个坚硬的球，遇到外敌时一直保持球状姿势，直到敌人无奈地离去。图❷犰狳通常给人留下的印象是能把整个身体卷成一个球，但事实上，只有三带犰狳和拉河三带犰狳这两种犰狳才能卷成完整的球状。




图❶

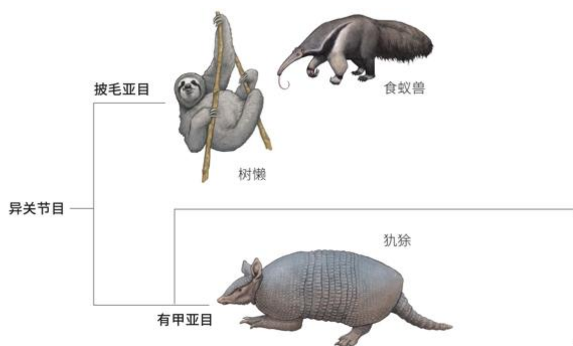



图❷

## ■ 演化 拥有巨型铠甲和尾巴的祖先

大约1亿年前，犰狳所在的南美大陆是一个孤悬海外、与世隔绝的独立板块，因而演化出一批独特的哺乳类物种。这才有了犰狳、食蚁兽、树懒等在其他大陆上看不到的哺乳动物。这些动物的腰椎形状与其他哺乳动物不同，因此被称为“异关节目”动物。图❶

犰狳是整个异关节目家族中最早出现的物种，最古老的犰狳化石出现在大约5600万年前的地层中。外敌来袭时，坚硬无比的铠甲能够像龟壳一样保护犰狳包括头部和四肢在内的整个身体。




图❶




图❸ 星尾兽（Doedicurus）

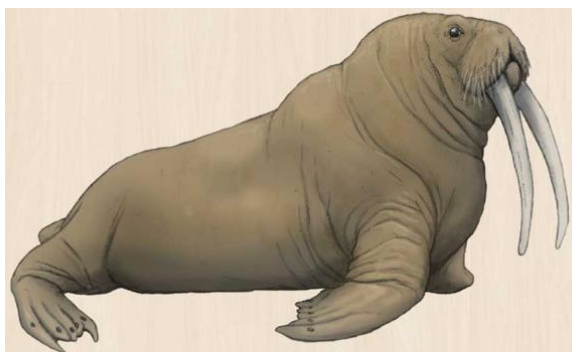


图❷ 雕齿兽（Glyptodon） 外敌来袭时，坚硬无比的铠甲能够像龟壳一样保护包括头部和四肢在内的整个身体

在这些犰狳中，出现了雕齿兽一族。其中最具代表性的巨型雕齿兽全长可达3米，背上也有铠甲，整体看起来像戴着一个超级夸张的头盔。但雕齿兽身上这种像龟壳般坚硬的铠甲是不能弯曲变形的。图❷

星尾兽是雕齿兽一族中体形最大的物种，全长甚至可达4米。星尾兽身上最醒目的无疑是它那狼牙棒似的尾巴——长约1米，末端带刺，无比坚硬，能让敌人退避三舍。图❸

# 动物小知识2 牙齿



海象 海象的獠牙非常长，雄海象的獠牙甚至有1米长。



一角鲸（独角鲸） 一角鲸的螺旋状长牙，有的甚至长达3米。

牙的用途

这里的“牙”泛指长而尖的牙齿，但对动物来说，这种牙齿可以分为两类：猫、狗等肉食性动物用来捕获食物的尖齿被称为犬牙（fang）；而一角鲸、海象、大象等动物并非用来捕获食物的长牙被称为獠牙（tusk）。海象从海里爬上岸时，会将冰刀般的獠牙刺入冰中来支撑身体前行，雄性海象之间的争斗也会以獠牙作为武器。一角鲸头上伸出的长牙看起来像一只角，表面布满了神经，这也许是它们测试气压和水温变化的传感器。

# 第3部分 哺乳类（水栖、地下、空中）

## 鲸

Whale

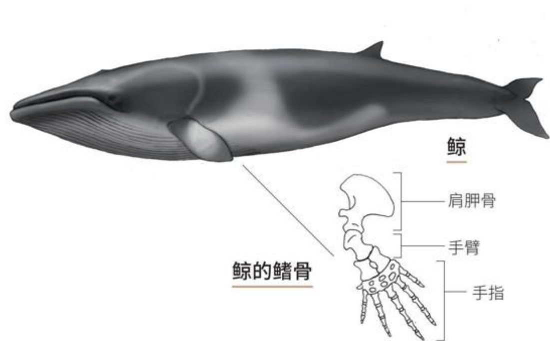


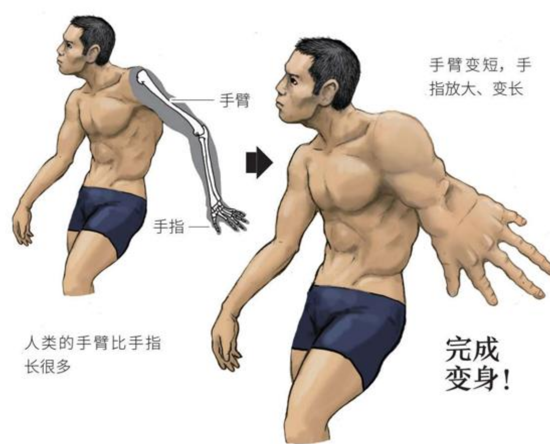

鲸人

人类肩膀和手腕之间的部分是手臂，手腕以下则是“手指”[1]。通过比较，我们会发现人类的手臂要比手指长很多。而对鲸来说，它们的前鳍相当于人类的手臂和手指，从鳍骨结构可知，鲸的腕骨不断变短，而

趾骨不断变长，直到“手臂”与“手指”的长度差不多为止。

鲸人变身法



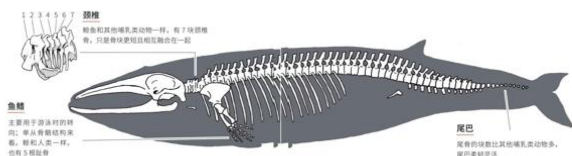




注释：

[1]在与鲸做比较时，人类的“手指”包括了手掌部分。——编者注

## ■ 结构 专门适用于游泳的骨骼

在哺乳类动物中，除了鲸鱼，还有其他许多海洋动物都适应了海洋生活，并且选择大海作为它们的生存家园。从陆地潜入海里的海豹，是以鱼和贝类为主食的杂食性动物；生活在浅海里的儒艮（常被认为是美人鱼），主要吃大叶藻等水生植物，是海洋中的素食主义者。这些海洋动物大多活跃在靠近陆地的海域，鲸的活动范围则远离陆地，更加广阔。有些种类的鲸甚至会进行全球范围的洄游，不愧是最适应海洋生活的哺乳类动物。因此在鲸身上，我们可以发现更多适应水中生活的特征。



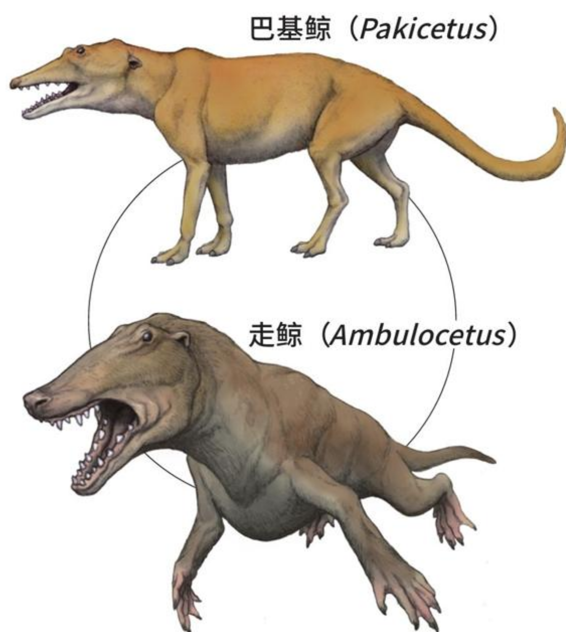

鲸鱼的前鳍相当于人类从手臂到手指的完整部分，鲸在游泳时用前鳍来掌控方向。哺乳类动物通常有14块趾骨，而鲸鱼为了增强鱼鳍的摆动力，演化出更多的趾骨。

鲸鱼在海里游泳时，会将水平延伸的尾鳍上下摆动，以此获得推动力。鲸鱼是哺乳类动物中拥有最多尾骨的动物，这使得它们能在海里自由灵活地摆动尾巴。相比于灵活的尾巴，鲸鱼的“脖子”就显得笨拙了许多。与其他哺乳类动物一样，鲸也有7块颈椎骨，但对大多数种类的鲸来说，它们的颈椎骨是融合在一起的。想象一下游泳时的情景，如果想顶着阻力继续前行，头部最好不要左右摇晃，如此说来，脖子缺乏灵活性的鲸鱼反而拥有了优势。

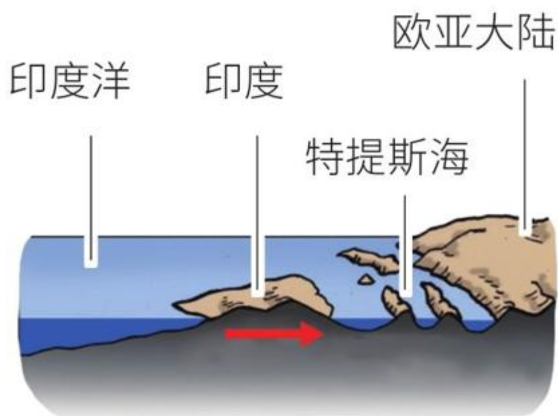
## ■ 演化 从海洋到陆地，最终回归海洋

距今约3.7亿年前，有一种鱼类的鱼鳍变成了四肢，使它们实现了登陆的壮举。而鲸鱼的祖先，曾经也是用四足行走的哺乳类动物。

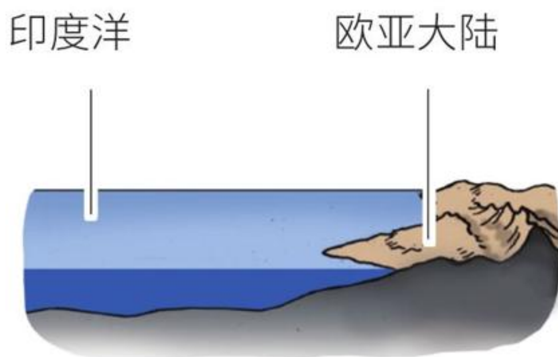
巴基鲸是已知最古老的鲸类，大约有5300万年的历史。巴基鲸化石发现于印度西侧的巴基斯坦，从近似圆锥状的吻部以及牙齿的排列方式来看，巴基鲸尚有一丝鲸鱼的模样，但它们有四肢，却没有用来游泳的鱼鳍。另外，在发现巴基鲸化石的地区，人们还发现了走鲸、库奇鲸（*Kutchicetus*）等许多四足原始鲸类的化石。图❶




图❶ 鲸鱼的四足祖先曾经栖息在特提斯海域




**现在**




**图❷ 约5300万年前**



图❸ 龙王鲸（Basilosaurus）

事实上，在四足古鲸生活的年代，印度的周边地形与现在并不一样。当时的印度是一个漂浮在海上的独立小岛，大约位于今天所在的位置以南，而且它与欧亚大陆之间有一片温暖的浅海流域——特提斯海。图❷也许正因如此，四足古鲸才逐渐移居海里，最终演变成我们现在看到的样子。走入海中后，古鲸越来越适应海洋生活，最后广泛分布在全世界。如今，我们在全世界范围内找到的龙王鲸化石似乎证明了这一说法，它们的后肢已变成鱼鳍，样子更接近现生鲸鱼。图❸

# 鼹鼠

Mole

鼹鼠长年在黑暗的地下生活，几乎见不到太阳。它们需要用前肢来拨开泥土，然而在地下移动所面对的阻力比在水里大得多，因此鼹鼠的前肢硕大而有力，骨骼粗短且结实。鼹鼠的前肢骨骼数量很多，占据了全身骨骼的绝大部分。




鼹鼠人

鼹鼠人变身法


鼹鼠


鼹鼠的前肢骨骼
后臂
前臂
拇趾外侧多出一块突起的板状骨，以便每次能挖更多的土
前臂和后臂的骨骼粗短，形状近似于板状


人类的前臂、后臂以及手指都比较细长




让前臂和后臂变粗、变短，让手指骨骼变大
完成变身！

## ■ 结构 适合掘土的发达前肢

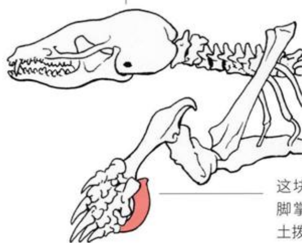
尽管大家都知道鼹鼠，却很少能亲眼见到，这是因为它们基本不会出现在地面上。偶尔倒是会有人在地上看到死掉的鼹鼠，于是它们就被认为是“见光死”的动物，但事实并非如此。鼹鼠生活在漆黑的地下，终年不见天日，视力逐渐退化。所以它们不是见不得光，而是根本无法辨别光亮。并且在受到阳光直射后，鼹鼠的身体无法调节温度，太热的话就会受不了。另外，鼹鼠不光怕热，同样怕冷，所以它们才会长年生活在不受冷热影响的地下。

话说鼹鼠整日在地下掘土打洞，能干这样的重体力活，它们发达的前脚掌功不可没。大多数动物的前肢骨骼都比较细长，而为了能在狭窄的地下打洞前行，鼹鼠的四肢都是短小粗壮的。它们的脚掌上还有很多突起，能够为发达的肌肉提供固定点。

除了拥有外翻的前脚掌和善于挖土的利爪，鼹鼠的拇趾外侧甚至还多出一块特殊的月牙形骨头，从而增大了脚掌的面积。鼹鼠的挖掘动作就像蛙泳的动作一样，它们用两只大铲子似的前脚掌刨开土，然后快速把土拨向身体后方。



短小粗壮的四肢非常适合在狭窄的地下行动



这块特殊的骨头增大了前脚掌面积，以便把更多的土拨到身后



日本缺齿鼹 主要分布在日本西部，正在从西往东移动，不断扩张它们的栖息地

## ■ 分布 两大派系的势力之争

除北海道地区外，栖息在日本列岛上的鼹鼠大约有5种，其中有“两大派系”之称的是小缺齿鼹和日本缺齿鼹。它们的分布区域以北陆至东海为界，大致把日本分为一东一西两个部分。

话虽如此，但分布在日本东半部的小缺齿鼹还单独霸占了西边纪伊半岛南部的一小块区域，而日本缺齿鼹却没有在东半部栖息的迹象。从两大派系的分布现状来看，日本缺齿鼹正在从西往东移动，逐步扩张它们的栖息地，试图把西边的小缺齿鼹往东部驱赶。



小缺齿鼹 体形比日本缺齿鼹小一圈，主要分布在日本东部，以及纪伊半岛南部的一小块区域

两大派系之争大约在60万至45万年前，日本列岛逐渐形成而人类尚未出现时就已经拉开了序幕。当时，小缺齿鼹已经在中国[1]、四国一带生活，而来自大陆的日本缺齿鼹仍仅出没于九州附近。目前我们尚不清楚日本缺齿鼹逆转局势的原因，只知道它们两者之间的唯一区别是，日本缺齿鼹的体形比小缺齿鼹要大一圈。

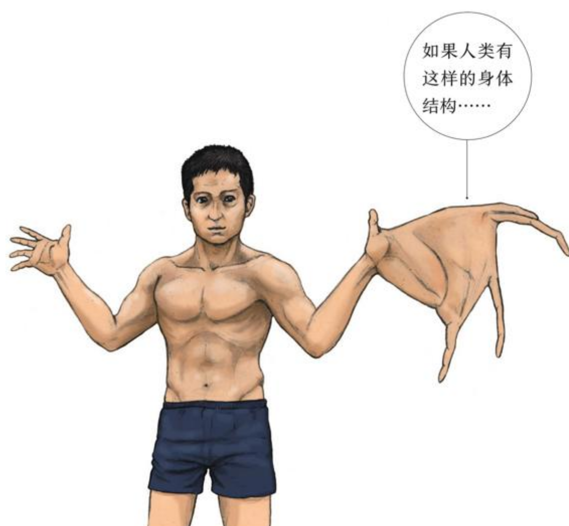
注释：

[1]非国家中国，而指日本的一个地区，位于本州岛西部，由鸟取、岛根、冈山、广岛、山口5个县构成。——编者注

# 蝙蝠

Bat

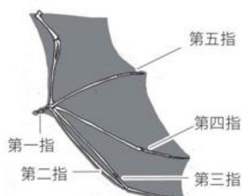
蝙蝠是唯一能够拍打翅膀，在空中自由飞翔的哺乳类动物。蝙蝠的翅膀是其前肢演化变大后的产物。除拇指外，蝙蝠的其他指骨都像伞骨一样又细又长，骨间生有皮膜，皮膜一直向后延伸并覆盖到后肢。这样的骨骼结构使蝙蝠拥有了比自己身体还要大的翅膀。




蝙蝠人

蝙蝠人变身法




**蝙蝠的前肢骨骼**

第二指退化并与第三指融合在一起



人类除拇指以外的四指并排生长；与蝙蝠相比，人类的手指较短，指间距更窄




除拇指外，延长其余四指，并将第二指（食指）与第三指（中指）合二为一，最后在手指间覆盖皮膜

## ■ 结构 自动锁定式后肢

蝙蝠是唯一会飞的哺乳类动物。重要的是，蝙蝠并非像鼯鼠（俗称飞鼠）那般滑翔，而是像鸟儿一样挥动翅膀飞翔，所以它们能够在空中捕食昆虫。只不过对蝙蝠而言，要像鸟儿一样轻松飞翔，首先得让身体变得轻盈。

由于要带动比身体还大的翅膀，蝙蝠的胸肌必不可少。与之相对，它们的后肢肌肉逐渐退化，只剩下一副皮包骨的样子，导致蝙蝠根本无法站立，更不用说靠后肢行走了。万不得已需要在地面上移动时，它们只能借助折翅与后肢来爬行。蝙蝠也无法像鸟儿那样平地起飞，只能在倒挂的状态下飞翔。

蝙蝠用后肢倒挂在天花板上时，靠的不是肌肉，而是一种特殊的肌腱。所谓肌腱[1]，就像一条绳子，连接着肌肉和骨面。当蝙蝠用后肢的钩爪钩住天花板时，它们特殊的肌腱便会发挥作用，形成“锯齿”并紧紧“咬住”腱鞘[2]内壁的突起。这样一来，挂在天花板上的后肢就仿佛进入了自动锁定模式。借由这一特殊功能，蝙蝠可以驾轻就熟地倒挂在天花板上，甚至安稳地进入梦乡。

倒挂状态下的后肢利爪




注释：

[1]将肌肉连接在骨骼关节处的强韧、无弹性的纤维状组织束，位于肌肉（骨骼肌）的两端，由平行致密的胶原纤维构成。——编者注

[2]包围在肌腱外面的鞘管，存在于活动性较大的部位，如腕、踝、手指和足趾等处。——编者注

## ■ 演化 通过两种功能追溯祖先

蝙蝠不仅会飞，还拥有回声定位系统，可以通过自己发出的超声脉冲来感知障碍物和猎物的位置。这两种能力使蝙蝠能够在夜间或昏暗的环境中自由飞行，准确地找到食物。几乎没有其他动物像蝙蝠一样具有这身“特技”，因此正如那些跻身风口行业的成功人士，蝙蝠在回声定位领域没有竞争对手。

然而，也许是在天上飞的缘故，蝙蝠的化石很难被保留下来，迄今为止被发现的蝙蝠化石少之又少，因而人们仍无法清楚地知道远古蝙蝠是如何演化的。长期以来，伊神蝠化石被普遍认为是已知最早的蝙蝠化石，大约有着5250万年的历史。从外观来看，伊神蝠很像现生蝙蝠，但它们支撑胸肌的胸骨仍不发达，尾巴较长且未被皮膜覆盖，第二指（相当于人类的食指）也有利爪，因此可以说伊神蝠仍旧保持着原始特征。

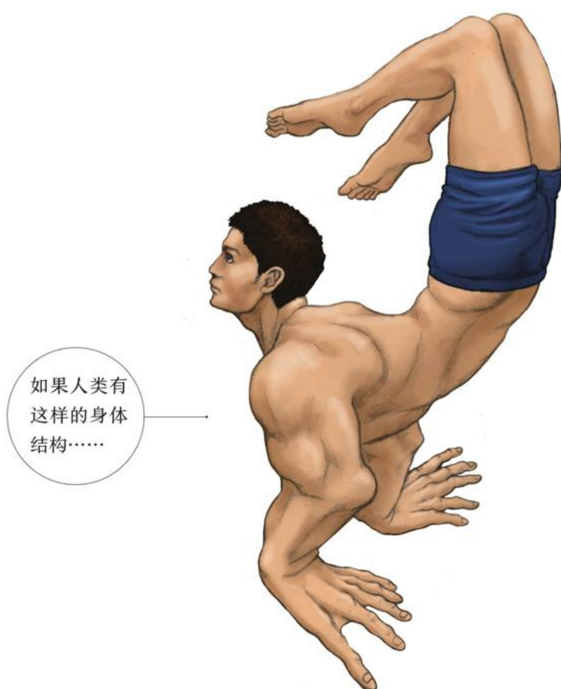



最近有报道说爪蝠比伊神蝠更原始，因为它们的五根翼指上都有利爪，更重要的是，它们不具备回声定位所必备的耳骨特征。由此可见，蝙蝠应该是先具备了飞行能力，之后再演化出回声定位的能力。

# 海狮

Sea Lion

海狮是生活在海里的哺乳类动物，但它们也可以在陆地上行走。无论游泳还是行走，海狮都需要依靠它们结实的前肢。有些动物只能在陆地上行走，它们的前肢通常是臂骨长、趾骨短；而海狮还要在水中活动，因此它们的前肢臂骨短、趾骨长。




海狮人

海狮人变身法



海狮





海狮的前肢骨骼

骨骼结构与鲸相似，但前臂骨骼略微长些，单凭“手腕”也可以完成登陆

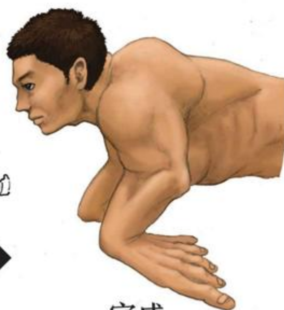


人类的前臂和后臂骨骼较长，指骨较短



将前臂和后臂缩短、变粗，手指放大、拉长





完成变身！

## ■ 结构 水栖哺乳类的“手部”差异

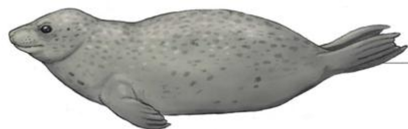
像海狮这样四肢变成鳍状的哺乳动物属于鳍脚类动物，这个家族的其他成员还有北海狮、海豹、海象等。

北海狮和海狗都是海狮科的动物，海豹却不是。尽管海豹可以在海里游泳，也可以在陆地上活动，但它们的行动方式与海狮科的小伙伴们很不一样。例如，海狮在水中用前肢游泳，海豹则是用后肢来充当尾鳍，带动全身摆动前行。海豹在水中游泳的速度比海狮快，却不擅长在陆地上行走。这是因为海豹的后肢长在身后，上岸后无法朝前迈步，再加上前肢也不发达，根本无法依靠四肢行走，只能趴在地上，像毛毛虫那样蠕动身体前行。而海狮上岸后，会用向前弯折的后肢配合前肢一起抬动身体，在陆地上前进。

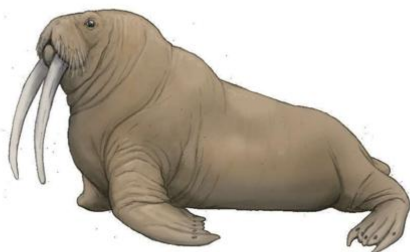
鳍脚类动物中除了海狮科、海豹科，还有海象科动物。海象既能像海豹一样用后肢游泳，也能像海狮一样后肢前屈，用四肢在陆地上移动，可以说是一种介于海狮与海豹之间的动物。




海狮科



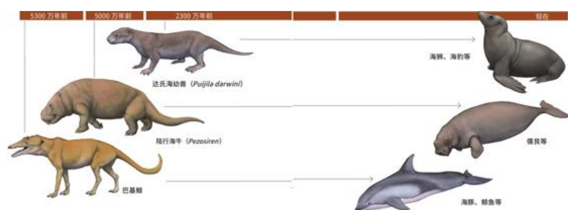

海豹科



海象科

## ■ 演化 四足行走的海狮祖先

除了海狮等鳍脚类动物外，鲸鱼、儒艮等也是海洋哺乳类动物。目前已发现的化石表明，海洋哺乳类动物在演化的过程中已经适应了海洋生活，而它们的祖先在长出鳍状后肢之前，是用四条腿在陆地上行走的。鲸鱼的祖先是大约5300万年前生活在陆地上的巴基鲸，而儒艮等海牛目动物的祖先是大约5000万年前生活在陆地上的陆行海牛。




于是，人们想当然地认为海狮的祖先也曾在陆地上行走，但迄今为止尚未发现能够证明这一点的化石。然而在2007年，科学家们在加拿大北极地区的德文岛对2300多万年前形成的霍顿陨石坑进行研究时，偶然发现了有“腿”（变成鳍状肢之前）的海豹化石。据说这个被命名为“达氏海幼兽”的新物种，长着鳍脚类动物所没有的长尾巴，外观极像水獭。据推测，达氏海幼兽曾经栖息在北极地区的湖泊、河流等淡水区域，因为当时那里还比较温暖。后来气候发生急剧变化，湖水因气温降低而结冰，为了找到新的生存环境，达氏海幼兽才逐渐走向海洋。在此之前，学界普遍认为鳍脚类动物的演化发生在北美洲的西北海岸，但在北极地区发现的达氏海幼兽化石推翻了这一说法。

# 河马

Hippopotamus

看似性情温和的河马，实则喜怒无常，凶残好斗，还有着很强的地盘意识。它们会张开大嘴，用锋利的獠牙向对手示威。通常人类嘴巴张开的角度是30度左右，而河马可以达到150度。

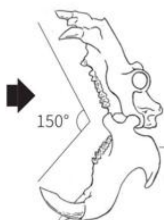



河马人

河马人变身法



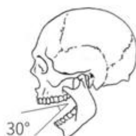
河马




颌关节位于颅骨非常靠后的位置，发达的颌骨和肌肉使河马可以张开 150 度的大嘴

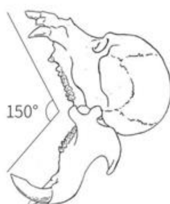
河马的骨骼





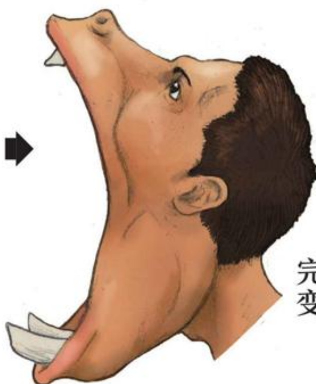

人类颌部的活动范围最大不超过 30 度






把颌骨变大且朝前突出，将其活动范围扩大到 150 度





完成变身！

## ■ 结构 蠢萌外表下的强悍体格

河马的脸看起来圆润温厚，但若观察它的头骨骨架，我们会发现里面有长达50厘米的巨型獠牙，这足以警告敌人三思而后行。

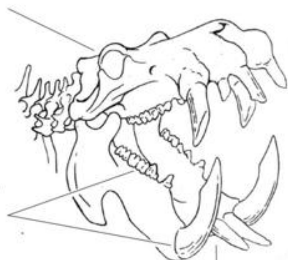
正因其具有迷惑性的外表，我们也很难想象河马是一种喜怒无常的凶残动物。据说在动物界制造最多杀戮的不是狮子或鳄鱼，而是河马。河马之所以拥有超级强悍的咬合力以及大大张开的嘴巴，完全得益于它的颌部肌肉，河马甚至可以将鳄鱼的身体咬成两段。不过，河马到底是草食性动物，还得靠臼齿来咀嚼。

河马白天在水中度日，夜晚上岸吃草，有报道称，它们也会吃斑马等动物的尸骸。一组拍摄河马捕食黑斑羚，并与小伙伴一起分享的视频曾引起很大的轰动。

别看河马身体圆滚滚的，长着四条小短腿，一副不善奔跑的模样，但据说它们在陆地上的奔跑速度可达到每小时40千米。观察河马的四肢骨骼可以发现，与身体相比，它们的四条腿竟然显得很长。除此之外，河马的脚跟与马类、犬类一样，比人类抬得高，具备了善于奔跑的足型。如此看来，再也没有比河马更“表里不一”的动物了吧。

**河马的眼睛**

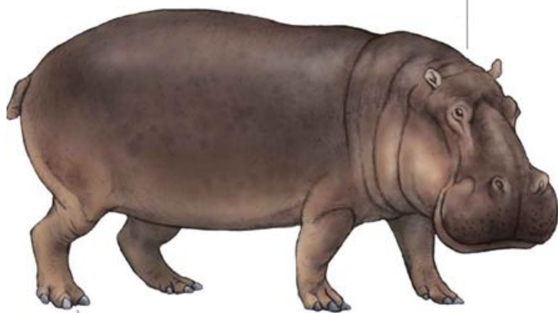
眼睛位于头骨上方；潜在水中时，河马只需露出眼睛和鼻子就能洞察陆地上的一切



**河马的牙齿**

不用最前面的巨型獠牙咀嚼，而是用靠里面的臼齿咀嚼







**河马的脚**

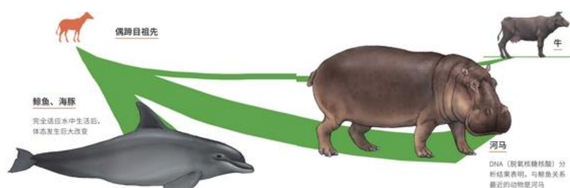
河马大多数时候都待在水里，不需要长时间用脚来支撑身体。因此，与大象等大型陆地动物相比，河马的四肢较为短小

## ■ 演化 令人意外的祖先

除了从外观上无法想象河马的“真”性情，我们还发现另一个让人大跌眼镜的真相：近年来的遗传基因分析表明，河马和鲸鱼有着很近的亲缘关系。

河马与牛、骆驼、长颈鹿一样，都属于偶蹄目动物。偶蹄目动物的四足通常各有四趾或两趾。不过也有观点认为鲸鱼同样属于偶蹄目，于是便有了“鲸蹄目”这一新类别。

很难想象河马和鲸鱼会是近亲，但如果追溯到鲸鱼的祖先，我们会发现，大约在5300万年前，它们与牛、河马一样，都是用四足行走的动物。（参见P106～107）用四足行走的鲸鱼祖先，在走向水中生活的演化过程中改变了模样。大部分时间在水里度日的河马，身体结构变得同样适合水边生活，它们的眼睛和鼻子长在头顶，方便露出水面；而鲸鱼的四肢和尾巴变成了鳍，身体变得完全适应了水中生活，因此外观才与牛或河马完全不同。由此可见，即便动物之间有着很近的亲缘关系，但在演化过程中，为了适应各自的生活环境，它们的模样也会变得截然不同。



## 动物小知识3 体毛



穿山甲 鳞片可以入药，因此在亚洲、非洲等地区很受欢迎，经常遭遇非法猎杀。



非洲冕豪猪（*Hystrix cristata*）背部和尾部有着长而坚硬的棘刺，用于威慑外敌。遇到敌人时，它们甚至可以竖起棘刺，倒退着攻击对方。

以体毛特化作为武装的动物

体表长有体毛是大多数哺乳动物共有的特征，通常体毛有保持体温、保护皮肤等功能。还有一些动物会利用经过特化的体毛作为保护自己的武器，例如豪猪，它们的背后长满了尖锐而细长的棘刺。经过特化的体毛变成了坚硬的棘刺，甚至可以刺穿橡胶长靴。除此之外，长相类似犰狳的穿山甲全身都被硬质鳞片覆盖，这也是体毛特化的一种。和犰

狳一样，穿山甲身上的鳞片也是它们的“铠甲”。只不过穿山甲的鳞片更尖锐，有时它们还会用来回甩尾的方式攻击敌人。

# 第4部分 鸟类

## 鸟

Bird

鸟类在空中飞翔时需要奋力拍打翅膀，这可以说是一项剧烈运动，因此它们用来扇动翅膀的胸肌特别发达。通过观察鸟类的骨骼，我们还会发现，它们用来支撑胸肌的胸骨同样很强大。为了能够轻松地在空中飞翔，鸟类不得不减轻体重，而在这种情况下，胸肌是它们唯一无法割舍的部分。

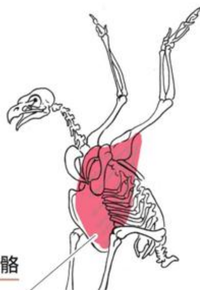



鸟人

鸟人变身法



鸟（鹰）



鸟类的骨骼

拥有大块板状胸骨和龙骨突，用来支撑拍打翅膀时用到的肌肉



人类可以通过健身来增大胸肌




让锁骨前突，使胸肌变得超乎寻常地发达

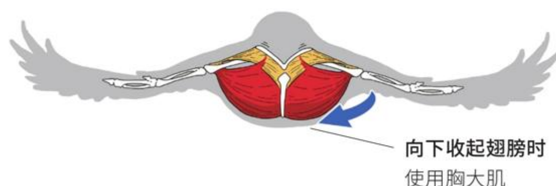
## ■ 结构 控制翅膀的胸肌

我们在家做菜时常用的鸡肉是鸡胸肉（分为鸡大胸肉和鸡小胸肉）和鸡腿肉，而鸟类控制翅膀上下运动靠的就是胸大肌和胸小肌。鸟类的胸大肌就是所谓大胸肉，这部分肌肉用于向下收起翅膀。图❶

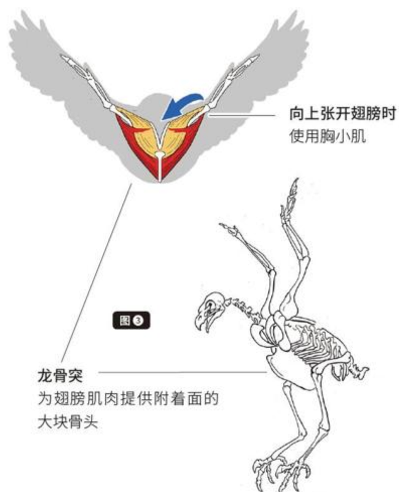
而长在胸大肌内侧的胸小肌，也就是所谓小胸肉，使鸟类能够向上张开翅膀。图❷这两部分肌肉相互作用，构成了翅膀拍下和扬起的完整动作。在空中飞翔的鸟类通常要持续上下扇动翅膀，这绝对是个体力活，因此它们用来完成这个动作的胸大肌和胸小肌十分发达。

为了能够轻松地飞翔，鸟类需要尽量减轻体重，因此它们的很多骨片融合在一起，而且鸟类的骨头是空心的。但由于要支撑飞翔所需的肌肉，它们又必须具备强壮的骨骼。因此，鸟类拥有一套特殊的骨骼结构，以此来支撑那些发达的肌肉。我们人类锁骨下方的胸骨是一小条长形扁骨，而鸟类的胸骨腹面正中有一块纵向的脊状突起，叫作龙骨突。图❸龙骨突和发达的胸肌让鸟类的胸部明显突起，看上去就像人们常说的“鸡胸”[1]。

鸟类如何拍打翅膀




图❶




注释：

[1]因佝偻病等形成的畸形胸骨，因胸骨突出像鸡的胸脯，所以叫鸡胸。——编者注

## ■ 演化 最早的鸟类—始祖鸟

大约1.5亿年前，地球上首次出现了一种被我们称作“鸟”的动物，它就是始祖鸟。1861年，始祖鸟化石发现于德国南部一个著名的化石产地，这正好是在查理·达尔文发表《物种起源》的两年之后。《物种起源》的出现使演化论的思想渗透到各个领域，彻底颠覆了一直以来以“神创论”为主流的价值观。同一时期发现的始祖鸟化石保留了清晰的羽毛和翅膀痕迹，乍看似鸟，但又具有爬行类动物的特征，比如长着牙齿和长尾巴。



始祖鸟“伦敦标本”
1861 年首次发现的始祖鸟化石



始祖鸟“柏林标本”
1877 年发现的更加完整的始祖鸟化石

图❶




图❷ 始祖鸟复原图

具有双重特征的始祖鸟化石，应该是介于爬行类和鸟类之间的一种过渡型动物的化石，这恰恰为生物演化论提供了强有力的证据。图❶

尽管始祖鸟拥有和鸟类一样的大翅膀，但据说它们并没有足以支撑飞翔的胸肌，这是因为始祖鸟的骨骼结构中没有龙骨突。新近的研究表明，算上后肢尾翼（类似爬行类动物的长尾），始祖鸟共有5个长着羽毛的翅翼。尽管始祖鸟无法靠拍打翅膀来飞翔，但张开5个翅翼后，它们也能像滑翔机那样从高处滑翔至低处。图❷

# 火烈鸟

Flamingo

动物园里的火烈鸟有着极长的细腿，想必大家一定对此很有画面感。可是你知道吗，火烈鸟露出的“筷子腿”仅仅是膝盖以下的部分，并不是整条腿。而我们看到的可屈伸的关节其实相当于火烈鸟的脚踝，它们真正的膝盖被羽毛遮盖，从外面无法看到。火烈鸟总是保持着屈膝状态，相比于膝盖以下的部分，它们的大腿要短得多。



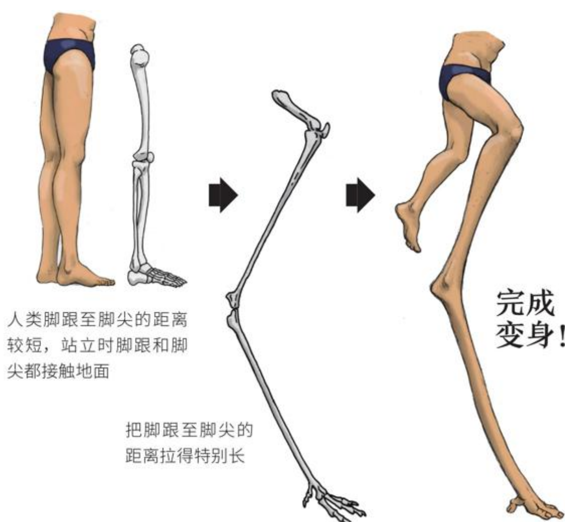
# 火烈鸟人变身法



火烈鸟


膝盖以上的大腿部分被羽毛遮盖，从外面无法看到

火烈鸟的骨骼

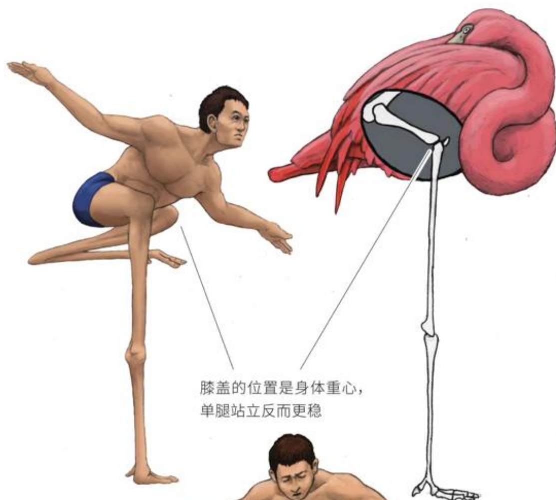

人类脚跟至脚尖的距离较短，站立时脚跟和脚尖都接触地面
把脚跟至脚尖的距离拉得特别长
完成变身！

## ■ 结构 单腿站立的原因

火烈鸟喜欢群居生活，常常会有成千上万只火烈鸟栖息在咸水湖、碱性湖或沼泽地带。我们都知道火烈鸟总是交替着叠起一条腿，保持单腿站立的姿势，甚至可以用一条腿站着睡觉。至于它们为什么单腿站立，理由众说纷纭。其中一种说法是，相比于双腿站立，单腿站在水中更容易保存体温；另一种说法是，轮换着用一条腿站立会比较省力。但无论“保暖说”还是“省力说”都只是假设，并未得到证实。

为了揭开火烈鸟这一习性的奥秘，来自美国佐治亚理工学院和埃默里大学的两位研究者解剖了火烈鸟并对其骨骼结构进行了研究。他们发现，火烈鸟单腿站立时，重心会自然地落在另一条腿弯曲的膝盖位置，这种关节锁定机制使火烈鸟单腿站立时更能保持身体平衡。

如果我们闭起双眼，只用一条腿站立，在这种情况下会很难保持平衡。而对火烈鸟来说，情况正好相反，特殊的身体构造使它们在用一条腿站立时反而站得更稳。


膝盖的位置是身体重心，
单腿站立反而更稳


人类站立时的身体重
心在腰部附近，用一
条腿站立会打破平衡，
导致站不稳


鹳
由于体形相似，很容易被认为
是火烈鸟的近亲，实则不然

## ■ 演化 最新发现的亲戚

近年来，科学家利用分子系统学[1]对鸟类的分类进行了大规模的梳理和修正。分子系统学的研究前提是DNA在生物演化过程中会以一定的速度发生变化，从而发现遗传信息中的错误，追溯生物的演化和历史渊源。学界普遍认为物种之间遗传信息的差异越小，它们的关系越近。比如，人类和大猩猩的遗传信息差异极小，这表示两者的亲缘关系非常近。

由于火烈鸟和鹳体形相似，人们一直以来都认为它们是近亲。但从分子系统学的研究来看，结果并非如此，火烈鸟倒是和一种名为小□□的水鸟有着亲缘关系。小□□没有火烈鸟那样细长的脖子和腿，外形很像鸭子，是一种擅长潜水的鸟类，但它们大部分时间都漂浮在水面上。小□□的特征之一是两只脚都位于身体后侧，可以用力划水。尽管这有助于在水中获得很大的推动力，但站在地面时，小□□很难保持平衡，所以它们很少走路。




光从这一点来看，小□□和可以用一条腿站着睡觉的火烈鸟就有着天壤之别。小□□和火烈鸟各有各的特点，在生活方式和外形上有着很大差

异，但即便如此，它们依然有着很近的亲缘关系。由此可见，鸟类的演化过程似乎十分复杂。

注释：

[1]分子系统学通过对生物大分子（蛋白质、核酸等）的结构、功能等的演化研究，来阐明生物各类群（包括已灭绝的生物类群）间的谱系发生关系。——编者注

# 猫头鹰

Owl

人类有7块颈椎骨，而猫头鹰有14块，是人类的2倍之多。颈椎骨和关节的增多能够提高脖子的柔韧度与灵活性，脖子的活动范围自然也就变大了。人类脖子的活动范围大概是180度，而猫头鹰脖子的活动范围竟然可以达到270度。




猫头鹰人

猫头鹰人变身法

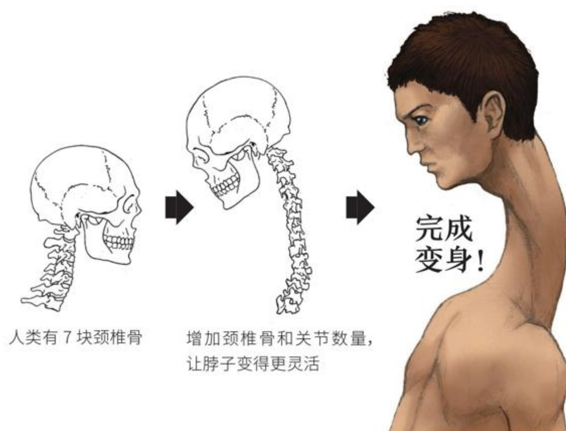


猫头鹰



颈椎不长，却由很多小骨块连接而成，大大提高了脖子的灵活度

猫头鹰的骨骼

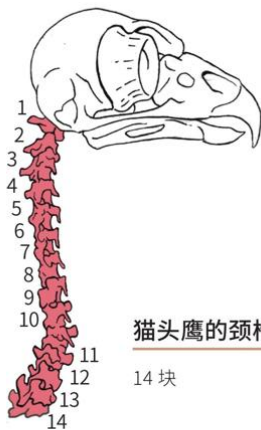


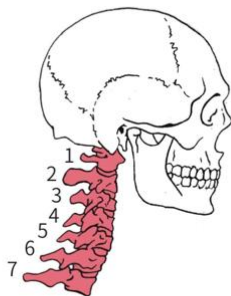
## ■ 结构 不停转动脖子的原因

猫头鹰的颈椎骨数量是人类的2倍，图❶特殊的颈椎结构使得猫头鹰的脖子十分灵活，头部的可活动范围大大增加，甚至可以转到身后。灵活的脖子让猫头鹰练得一手了不得的扭头绝技，能够轻而易举地完成一些高难度动作。通常情况下，猫头鹰会不停地转动脖子，这是因为它们需要用眼睛和耳朵全方位观察四周的情况。

绝大多数鸟类的眼睛都长在头部两侧，而猫头鹰与人类或其他肉食性动物（比如猫）一样，两只眼睛都朝向前方。猫头鹰既可以用双眼较为立体地观察事物，也可以用一只眼看世界。但由于它们的管状眼球固定在眼窝内，无法单独转动，所以为了看清楚周围状况，猫头鹰只能不停地转动灵活的脖子。

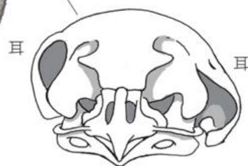
然而，堪称夜行性动物的猫头鹰，觅食时靠的不是眼睛，而是耳朵。猫头鹰左右不对称的耳部结构在动物界实属罕见，无论是耳孔位置还是朝向都不对称。图❷因此，猫头鹰的左右耳听到声音的时间和强弱就会不同，并且两只耳朵接收声音的方式也不一样。猫头鹰时常扭动脖子的习惯动作，其实就是在不停地调整左右耳的角度，找出声源位置并估算到达那里的距离。有了这对与众不同的耳朵，猫头鹰甚至可以在漆黑的环境中仅凭声音就准确地找出老鼠等猎物的位置。


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
猫头鹰的颈椎
14 块


1
2
3
4
5
6
7
人类的颈椎
7 块

图❶




猫头鹰的头骨
耳
耳
左右耳位置不对称

图❷

## ■ 演化 曾经会奔跑的巨型猫头鹰

猫头鹰家族几乎都是“夜猫子”，但也有个别物种会在白天出来觅食，那就是穴小鸮。图❶穴小鸮生活在辽阔的北美大草原上，它们时而用两条小长腿在地面来回奔跑，时而待在地下的巢穴中悠闲度日，这与家族中其他猫头鹰的生活方式完全不同。尽管名字中有个“穴”字，但穴小鸮很少打洞为巢，而是将草原土拨鼠遗弃的洞穴“旧屋翻新”，作为自己的新窝使用。



图❶ 穴小鸮（Athene cunicularia）广泛分布于北美地区，会飞，但基本以站立行走为主，是猫头鹰家族中少数会在白天行动的家伙

很久以前，猫头鹰家族中有一种长相类似穴小鸮的奇葩祖先——古巴巨鸮（*Ornimegalonyx oteroi*）。图❷古巴巨鸮曾经栖息在加勒比海中的古巴岛，岛上面积大约只有日本本州的一半大小。



图❷ 古巴巨鸮 身高可达1米的巨型猫头鹰，曾在没有肉食性动物的古巴岛上称霸一方

古巴岛与大陆远离，形成了非常独特的生态环境，岛上的哺乳类动物只有一些鼠类或小型地懒，没有像狼这样的肉食性动物。在整个猫头鹰家族中，古巴巨鸮如同巨人一般存在，它们的外形和穴小鸮相似，但站立时身高竟然达到1米；不过它们的翅膀很小，很难在空中飞行，这是因为支撑鸟类飞翔的龙骨突在古巴巨鸮身上并不发达。一种可能的情况是，在没有肉食性动物的岛上，古巴巨鸮取代了狼的角色在地面上来回奔跑，对地懒或鼠类等弱小动物发起攻击，从而成为岛上的顶级掠食者。

# 企鹅

Penguin

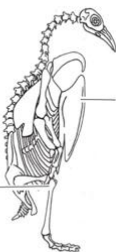
与其他鸟类相比，企鹅走起路来样子憨态可掬，但至少它们看上去像人类一样，在用两条腿直立行走。然而这只是表象，企鹅藏在羽毛背后的两条腿其实是弯曲的，而始终保持屈膝状态的大腿也无法伸直。




企鹅人

企鹅人变身法




基本上保持屈膝
状态，只不过腿
被羽毛遮住，看
起来像是在直立
行走
虽然企鹅不
会飞，它们
的龙骨突却
十分发达

企鹅

企鹅的骨骼


人类的大腿骨比较粗
大，腿也长，无法长
时间保持半蹲姿势




将胸骨扩大，
把双腿变短
完成
变身！

## ■ 结构 适应水中生活的骨骼

为了在空中飞翔，鸟类必须减轻体重。一整套超强的消化系统、替代牙齿的角质喙，以及没有存储尿液的膀胱等，都有助于鸟类减轻自身的体重，但功劳最大的莫过于它们特殊的骨骼结构。鸟类用来支撑身体的骨骼结实而轻便，骨腔内中空，有韧性却不失强度，很多骨片结合在一起，为肌肉提供强有力的支撑。

而企鹅是一种大部分时间都待在水中而不在空中飞翔的鸟类，因此它们不需要减轻骨骼重量。况且中空的骨腔会产生浮力，反而会让企鹅难以潜入水中。所以企鹅与其他鸟类不同，它们的骨头是实心的，这样可以增加自身重量，更有利于潜水。

除此之外，企鹅的翅膀（前肢）也很特别——像鲸鱼和海狮那样变成了鳍状。企鹅的羽毛呈鳞片状，身体大部分关节是固定的，不可活动。依靠这种骨骼构造，企鹅在水中划动翅膀可达到每小时30千米的游速。

前肢骨骼呈板状，关节固定，
不可弯曲。这样的骨骼结构更
有利于划水




## 企鹅

拥有适合潜水的实心长骨，
板状前肢对于在水中前行同
样功不可没

前肢骨骼细长，关节可以自由弯曲，从而折起翅膀




## 其他鸟类

拥有适合在空中飞翔的空心骨骼，构成前肢的骨骼形状也很复杂

## ■ 演化 北半球的“古代企鹅”

目前，全世界包括帝企鹅在内的19种企鹅几乎都分布在南半球。企鹅给人的印象似乎就应该生活在冰天雪地，然而在位于赤道下方的加拉帕戈斯群岛上，竟然也有着一群企鹅，它们就是加拉帕戈斯企鹅。为什么加拉帕戈斯企鹅会生活在赤道附近？这是因为从南极一路来到这里的寒流，使位于赤道下方的加拉帕戈斯群岛气候相对寒冷，加拉帕戈斯企鹅才得以在此生存。但毕竟企鹅害怕炎热，它们似乎再也无法跨越这里，继续向北前行了。



加拉帕戈斯企鹅 生活在赤道附近的加拉帕戈斯群岛



帝企鹅 在南极大陆繁衍后代

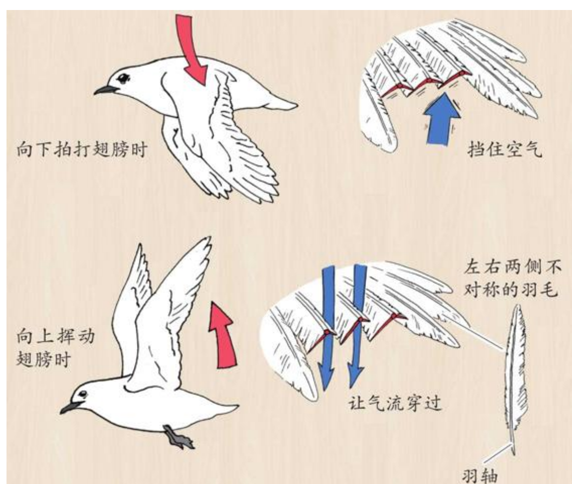


普鲁托翼鸟科（Plototpteridae）日本北海道和九州等地
曾多次发现它们的化石，这种鸟很可能是企鹅的近亲

然而很久以前，企鹅家族的成员可能真的在北半球居住过。距今3500万至1700万年前，普鲁托翼鸟科的一种鸟曾经生活在北太平洋沿岸，它们也不会飞翔，外形和生存环境都与企鹅相似。但从骨骼形态等方面来看，这种鸟被认为是鹈鹕科的成员，因此也有人称它们为“像企鹅的海鸟”。

在新近的研究中，科学家们对这种鸟的脑部化石进行了分析，结果显示，比起鹈鹕，它们的脑部形态更接近企鹅。学界普遍认为亲缘关系越近的物种，脑部形态越相似，这表明普鲁托翼鸟科很可能是企鹅家族的成员。

# 动物小知识4 翅膀




鸟类拍打翅膀的原理

我们把长在鸟类翅膀后方的羽毛称为飞羽。飞羽羽轴两侧的羽片是不对称的，这样的形状在鸟类拍打翅膀时发挥着极为重要的作用。当鸟类向下拍打翅膀时，被翅膀挡住的空气形成有推动作用的上升力。按理来说，当翅膀向上挥动时，同样会受到向下的阻力。但这正是羽毛发挥作用的时候，羽轴两边面积较大的一侧会向下打开，形成缝隙让气流穿过。实际上，鸟类拍打翅膀的过程与百叶窗的开关是同样的道理，这样就可以只获得来自一个方向的动力。

# 番外篇 各部位比较

## 手和前肢的比较

动物的身体会在适应生存环境的过程中慢慢演化，手和前肢同样也会改变形状，演变出适合各自环境的功能。



抓握 人类的手指为了能够抓握物体，拇指和其余四指方向不同



刨土 为了能在狭窄的地下打洞前行，鼹鼠的前肢变得短小而粗壮

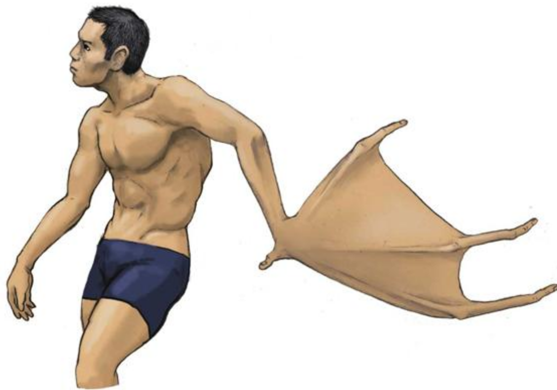


划水 海洋哺乳动物的前肢演变成鳍，在水中时不需要支撑身体，所以它们的“手掌”反而比“手臂”还大



鸟类的翅膀 鸟类的前肢变成翅膀的前半部分，被羽毛覆

盖后成为翅膀



蝙蝠的翅膀 蝙蝠的趾骨与掌骨特别长，每根骨之间被皮膜覆盖，形成翅膀（翼）

人类的手掌





拇指与其余四指弯曲后彼此相向，更容易抓握物体

树袋熊的手掌



变色龙的手掌



除了人类以外，还有一些生活在树上的动物，它们的“手指”也是相向的

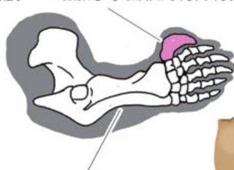
适合抓握物体的手

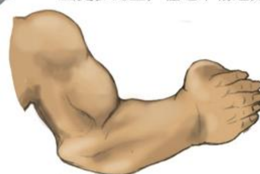
我们人类的手指各自独立，拇指与其余四指方向不同，这样就能轻松完成握钢笔或拿筷子等一系列动作。你也可以在不使用拇指的情况下，用其余四指握住钢笔或筷子，但若想写字或夹取食物，没有拇指的帮忙就很难完成，想必大家一定深有体会。除了我们人类，树袋熊、变色龙等生活在树上的动物也会利用不同方向的“手指”来抓握物体。正是为了方便抓握树枝，它们的手才演化成现在的样子。





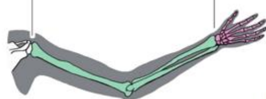




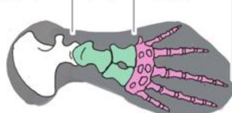




适合刨土的前肢

鼹鼠和犰狳都生活在地下并且擅长挖掘。为了便于挖掘硬土，它们拥有发达的利爪和粗短的前肢。值得一提的是，绝大部分时间都在地下度日的鼹鼠为了适应环境，手掌还演化出一块特殊的骨头，使它们能够快速有效地把挖出的泥土拨向身后。尽管用于刨土的前掌很大，它们的前肢却十分粗短，这样在狭窄的地道内移动也不会造成阻碍。





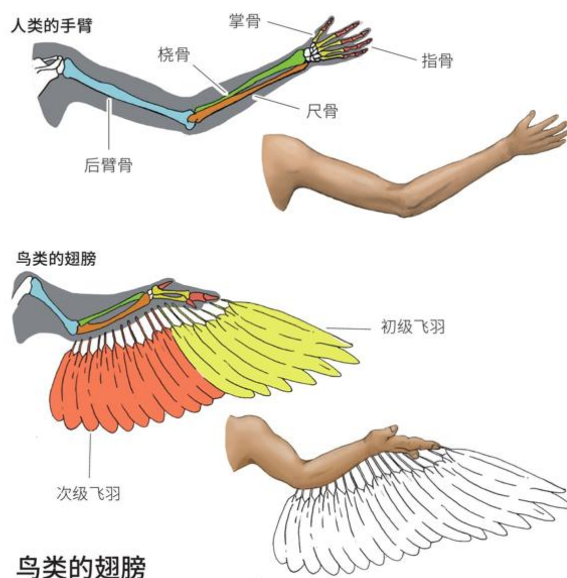







适合划水的鳍

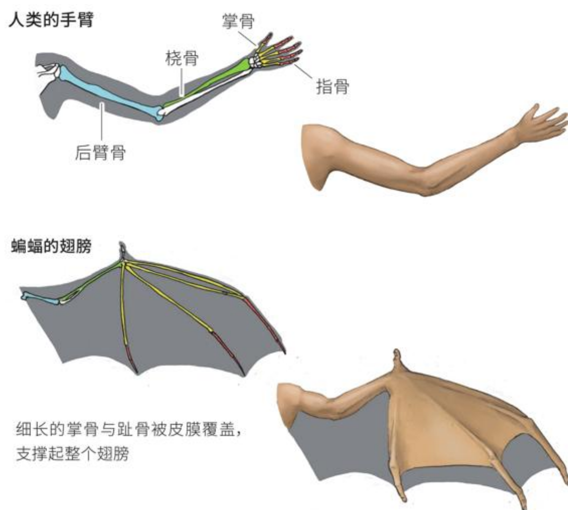
我们在观察鲸鱼、海狮、海龟等水生动物的骨骼结构时发现，它们“肩膀”和“手腕”之间的“臂骨”变短，而“指骨”变长了，这与陆地动物的结构比例是完全相反的。海狮和海龟为了划水，通过“指骨”变长的方式来增加鳍脚的面积。鲸鱼则略有不同，它们游泳时通过脊椎运动使尾鳍上下摆动，以此来获得动力，而由前肢演变来的前鳍负责控制方向。为了增强稳定性，鲸鱼“手臂”的骨头与关节通常会融合在一起，但与此同时，这种结构也丧失了一部分灵活性。




鸟类的翅膀

鸟类用于支撑翅膀的前肢骨骼在结构上与其他动物相似，但骨块数较少，这是因为它们要在空中飞翔，不得不减轻身体自重。比较人类与鸟类的手臂（前肢）骨骼会发现，两者后臂骨（上臂骨）、桡骨与尺骨的数量相同。不同的是，人类有5块掌骨，而鸟类只有1块，鸟类的趾骨也远少于人类，只有3块。另外，鸟类的“手臂”和“手指”部分被无数羽毛覆盖。如果拿人体来打比方，我们把鸟类从手指到手腕部分的羽毛称为初级飞羽，把从手腕到手肘部分的羽毛称为次级飞羽，这些羽毛是可以

折叠的。




蝙蝠的翅膀

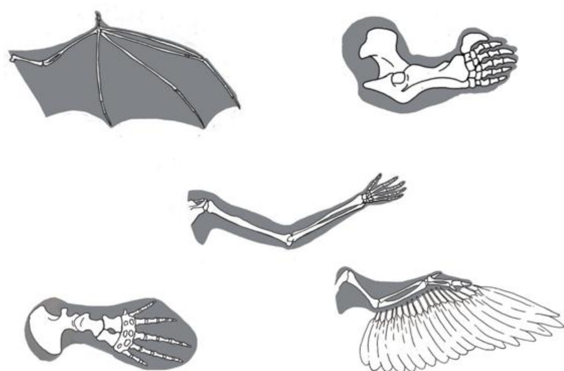
蝙蝠和鸟类一样，靠翅膀飞行，但它们的翅膀结构却完全不同。鸟类的翅膀长有羽毛，蝙蝠的翅膀则有一层皮膜，支撑皮膜的是除拇趾外的四根掌骨（手掌部分的骨头）和其余趾骨。蝙蝠的趾骨像雨伞的骨架一样又细又长，它们可以通过后臂骨和桡骨之间的肌肉来控制翅膀的张开与收拢。蝙蝠那根短小的拇趾不需要用来支撑翅膀，它上面长有利爪，可以在悬挂于洞穴、墙壁等地方时发挥作用。

小结

大部分陆生动物的手或前肢都用于支撑自己的身体，腿或后肢则主要完成行走或奔跑等动作。而一些动物的前肢，除了用于步行还有其他作用，例如狮子和熊等肉食性动物，在捕食时会用前肢压制猎物；还有些动物的前肢变化较大，例如鸟类和蝙蝠的前肢变成了翅膀，使它们能够在空中飞翔；而海狮和陆龟的前肢变成了鳍脚，用于划水。

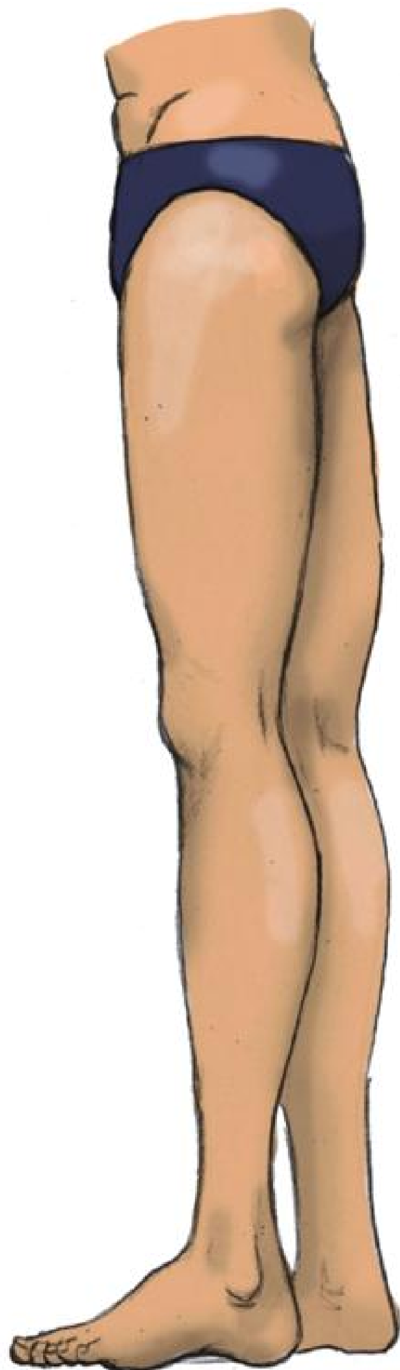
总之，无论在森林还是海洋里，动物的前肢都会比后肢获得更多适

应自身环境的功能。在演化过程中，前肢可以说是动物身上变化最多样的部位。

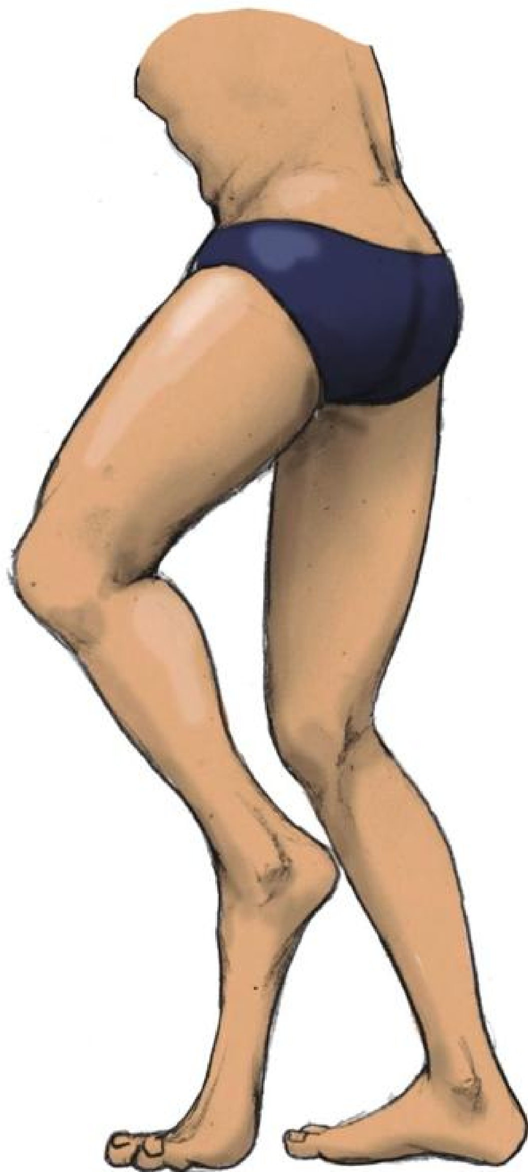


## 脚和后肢的比较

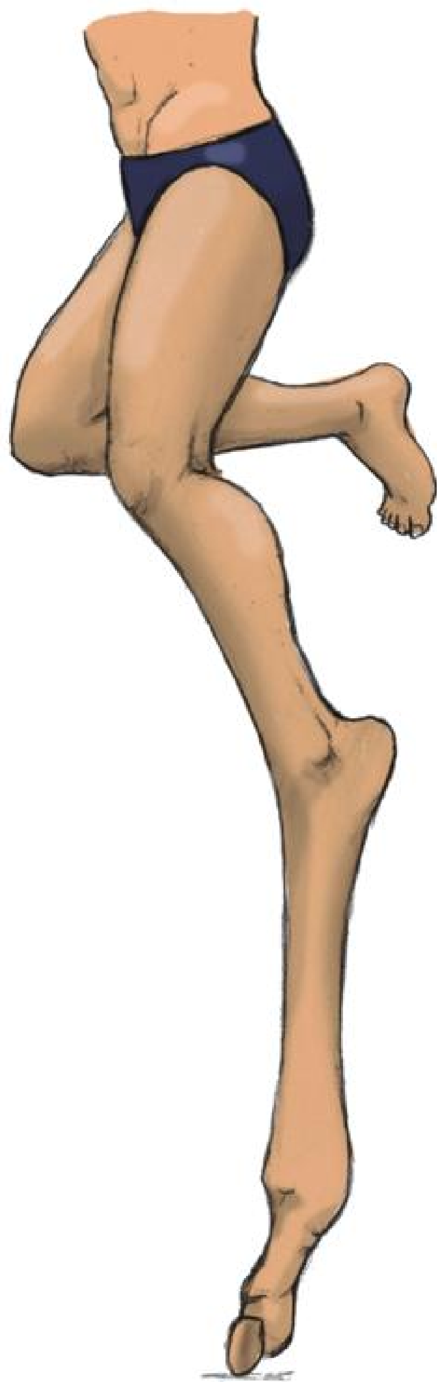
与手或前肢一样，为了适应各自的生活环境，动物的脚也会演变成最适合自己的形状。



行走和奔跑（跖行足）从脚趾到脚跟，整个脚掌都附着于地面的足型；与地面的接触面积大，稳定性强



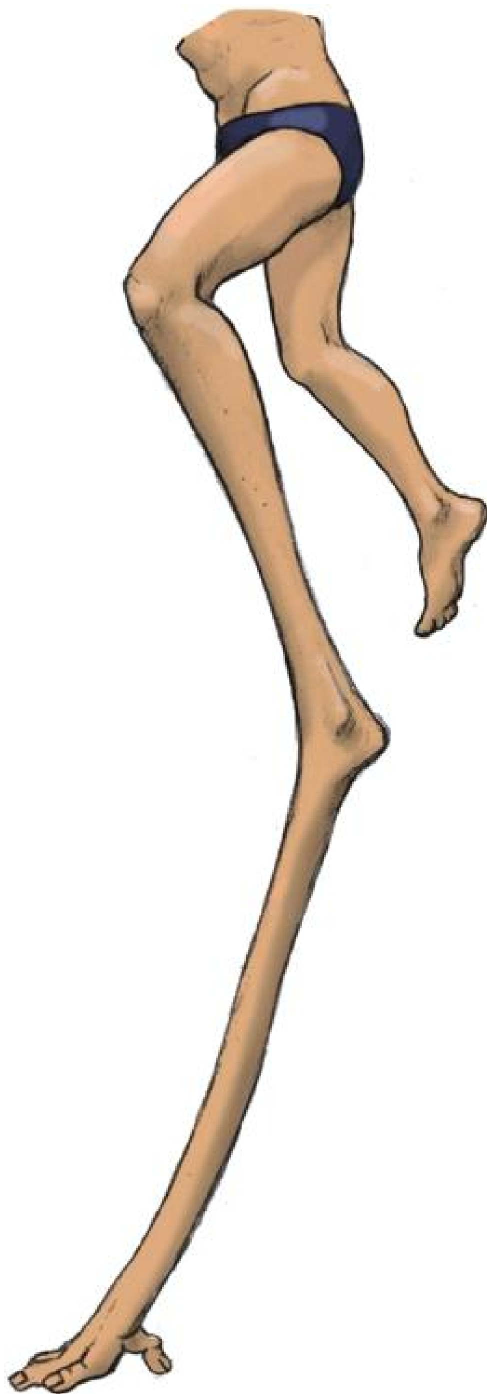
行走和奔跑（趾行足）脚跟抬起，仅用脚趾触地的足型；稳定性不如跖行足，但行动速度快，适合擅长潜行的肉食性动物



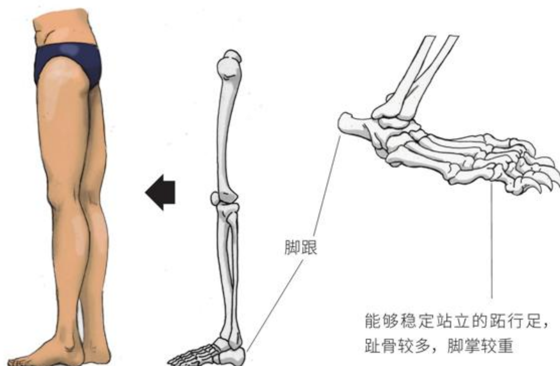
行走和奔跑（蹄行足）仅用趾尖（趾甲部分）触地的足型；稳定性不如趾行足，却能提供更快的奔跑速度



跳跃 最适合跳跃式移动的足型；弹簧般的构造可以使动物瞬间跳出难以置信的距离

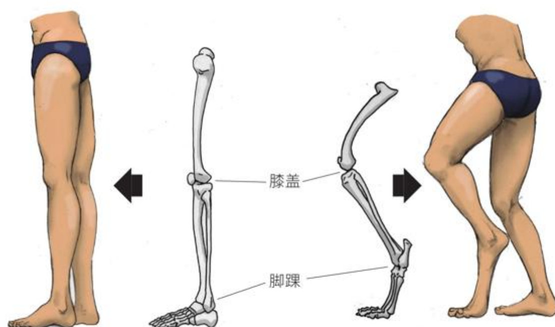


行走和在树枝上停留 大部分鸟类都有四根脚趾，三趾朝前，一趾朝后；除了行走，这种足型还能让鸟类轻而易举地停在枝头上




适合行走和奔跑的跖行足

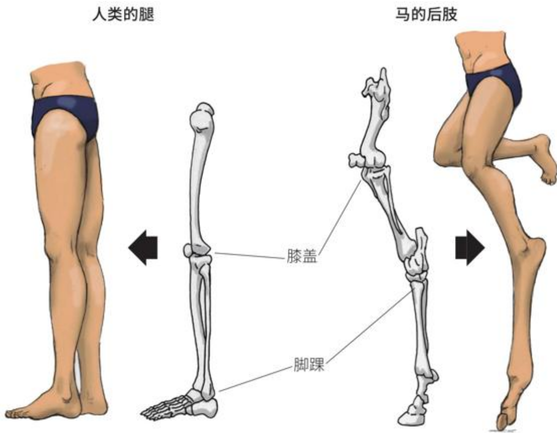
“跖”是指脚掌。我们把从脚跟到脚趾全部着地站立、行走的动物叫作跖行性动物，除了人类以外，猴子、熊、熊猫等也是跖行性动物。哺乳类动物中唯一能用双腿直立行走的就是人类，当然有些熊科动物也可以用两条后腿站立起来。整个脚掌着地的行走方式很稳定，但由于与地面的接触面积较大，需要更多的骨骼和关节来支撑，脚掌本身的重量也随之增加，因此跖行足的缺点就是会使动物的移动速度变慢。




适合行走和奔跑的趾行足

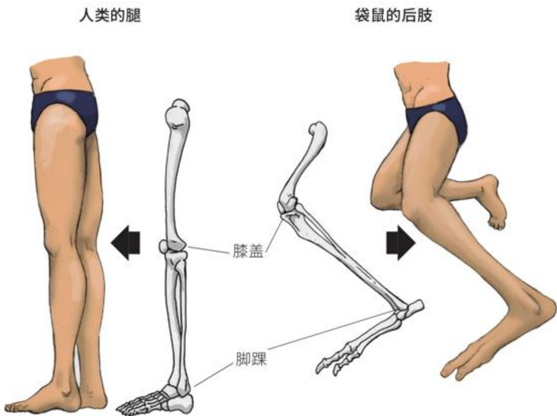
“趾”是指脚趾。我们把抬起脚跟，只用脚趾触地站立、行走的动物叫作趾行性动物。狮子、狼等大多数肉食性哺乳动物都是趾行性动物。它们用这种方式行走的稳定性一定不如跖行性动物，但胜在速度快，而

且走起路来悄无声息。这很好理解，就像我们有时会只靠脚尖走路来减轻声响一样。因此，对那些想接近猎物又不希望被发现的肉食性动物来说，趾行足可能是最合适不过的了。



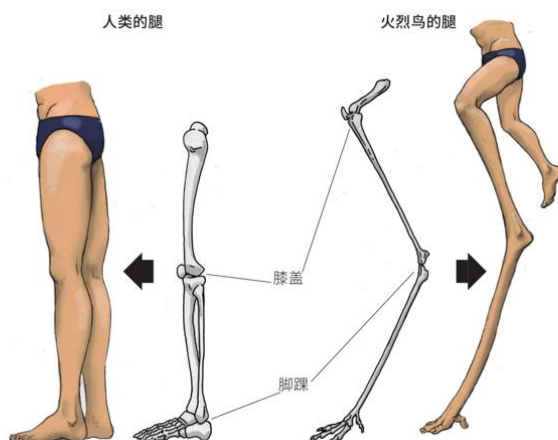

适合行走和奔跑的蹄行足

马和鹿等动物的趾尖有“蹄”，它们是用趾尖触地站立、行走的动物。蹄，相当于人类的指甲，如果用人来打比方，蹄行足就是只用脚指甲触地站立。为了获得速度，蹄行性动物的足背和趾骨变得越来越长，这样就能增加整条腿的长度，带来更大的步幅。与此同时，蹄行足的脚趾、趾骨以及关节数量都比跖行足和趾行足少，尽管损失了一部分灵活性，却可以使动物的脚变得结实、轻巧。



适合跳跃的后肢

用跳跃式移动来取代奔跑的哺乳类动物有袋鼠、跳兔等。这类动物的特点是后腿比前腿长，它们跳跃时后腿会弯曲——腿越长，提供的爆发力越大，跳出的距离就越远。例如，袋鼠的趾骨比跗骨（人类的踝骨）长得多，因而可以强有力地蹬地跳跃。但相对而言，这种结构也欠缺稳定性，袋鼠需要依靠长而粗的尾巴来维持身体平衡。




适合行走和在树枝上停留的脚

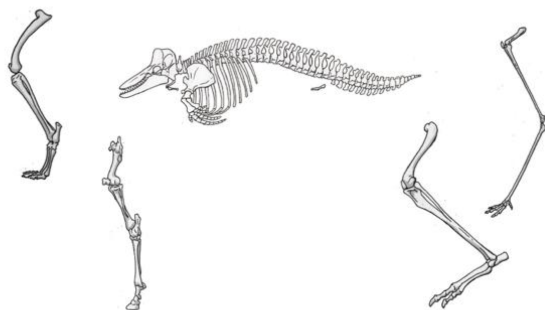
大多数鸟类的足趾都是三趾朝前，一趾朝后的，这种趾型叫作“常态足”。而啄木鸟、布谷鸟等栖息在树上的鸟类则是两趾朝前，两趾朝后的，这种趾型叫作“对趾足”，适合抓握树干或树枝。为了在空中飞翔，鸟类必须减轻自身体重，这一点从它们的后肢骨骼结构中也能得到验证。鸟类的跗骨分别与胫骨和跖骨结合成跗胫骨和跗跖骨，这样简洁轻盈的骨骼结构在减少骨块数的同时，也保证了坚实度。

小结

能够用两条腿走路的只有我们人类，以及用后肢站立、移动的鸟类。陆地动物主要依靠后肢来行走，虽然马和狗等四足动物的前肢也参与了站立和行走，但相比之下，它们后肢的作用更为重要。同是行走，

动物们的生存环境与所面临的情况却不一样。以草食性动物为食的肉食性动物，演化出擅长潜行的足型，而草食性动物为了逃生，足型又朝着提高速度的方向演化。

此外，即便在哺乳类动物内部，后肢的演化也有所差别。鲸鱼家族由于完全适应了水中生活，后肢逐渐退化。鲸鱼的祖先曾经也是四足动物，但当它们漂浮在水中，不再需要奔跑、行走或支撑身体时，自然也就不需要后肢了。



## 颌部的比较

由于动物们吃的食物不同，其颌部和牙齿的形状也会有所差异。



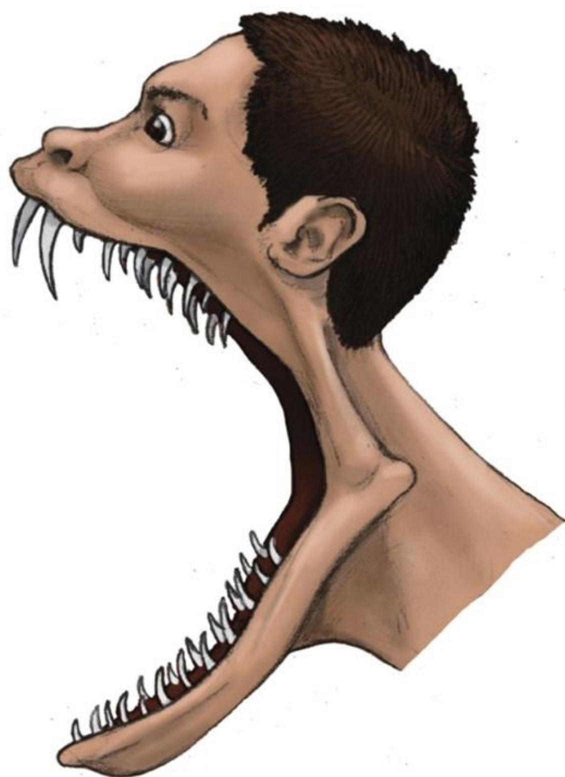
杂食型 颌部可以在一定范围内活动，牙齿种类多样，食物种类不受限



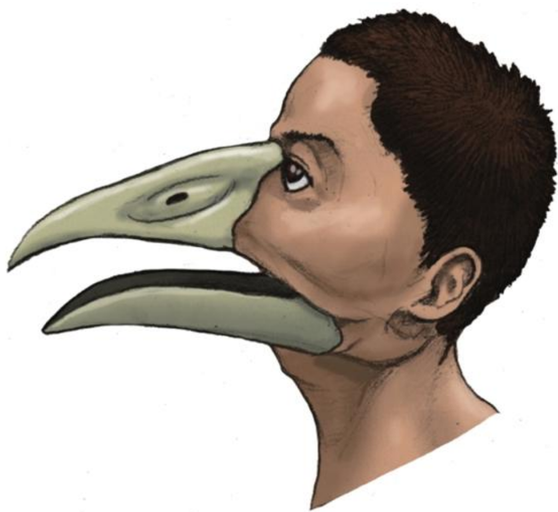
草食型 下颌可以上下左右活动，平坦的臼齿特别适合咀嚼植物



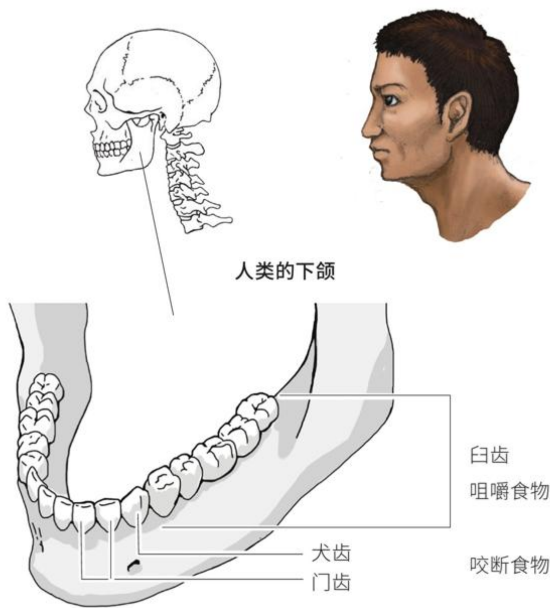
肉食型 下颌只能上下活动，犬齿发达，臼齿也趋向锋利



整吞型 颌部上下活动的范围非常大，牙齿形状单一，无法咀嚼，需要将食物整个吞下



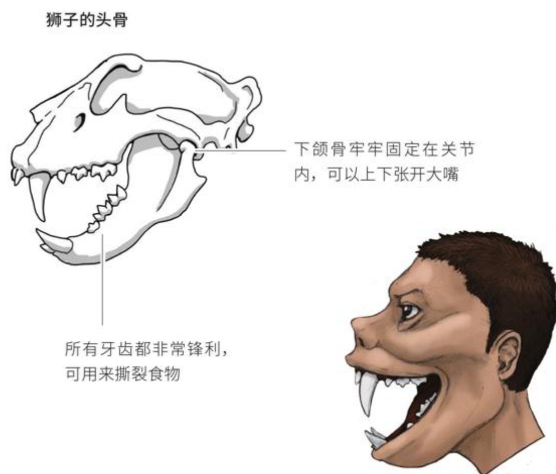
轻量型 沉重的牙齿逐渐退化，演变成轻盈的形状，无法咀嚼，只能吞咽食物




杂食型

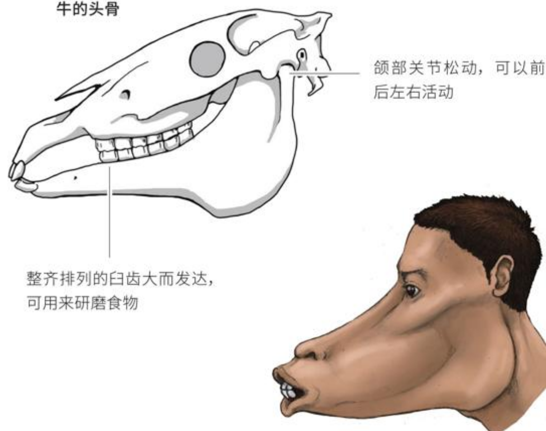
人类的牙齿包括用来咬断与撕裂食物的门齿（门牙、切牙）、犬齿

（尖牙）和用来磨碎食物的臼齿（磨牙、大牙）；下颌可以上下活动，也能在一定范围内左右移动。适用于咬断和咀嚼的牙齿类型多样复杂，再加上下颌活动范围较广，使得人类几乎可以吃任何东西，包括肉类或植物。除了人类以外，大部分哺乳类动物都能够在口腔内咀嚼食物而不使食物外漏。



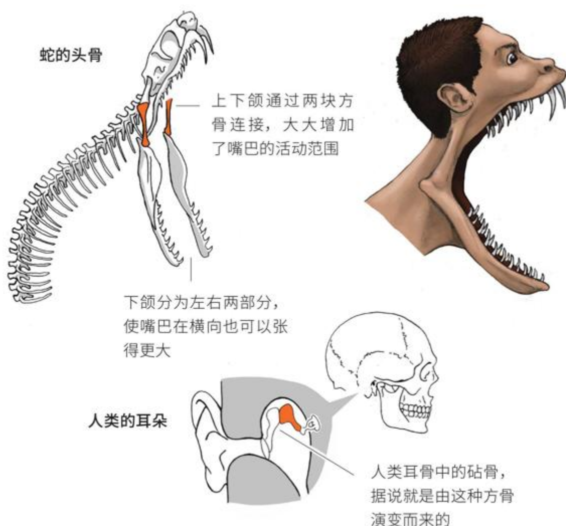

肉食型

发达的颌部肌肉与强大的咬合力，全都得益于坚硬的头盖骨。下颌牢牢固定在关节内导致活动范围受限，但这种结构的好处是，嘴巴大幅度开合时，下颌不会轻易脱落。肉食性动物的下颌只能上下活动，无法用牙齿咀嚼或研磨食物。但对它们而言，肉类比植物类食物更容易消化，不需要过多咀嚼。因此，肉食性动物没有平坦的臼齿，牙齿全都演化成可以咬断或撕碎食物的利齿。另外，它们的面部通常较为窄小，这似乎也与不需要咀嚼以及不需要大幅度张开嘴巴有关。




草食型

草食性动物与肉食性动物不同，它们的下颌与关节咬合较浅，形成较为松动的骨骼结构，因此下颌可以前后左右自由活动。相比于肉类，植物更难消化，吞咽前必须经过充分咀嚼，因此草食性动物的臼齿多而发达，整齐地排列在口腔内，这又使得草食性动物普遍头骨细长，面部较窄。数量较多的臼齿和可以自由活动的下颌，让它们在吞咽食物前能够充分咀嚼，有利于帮助消化。

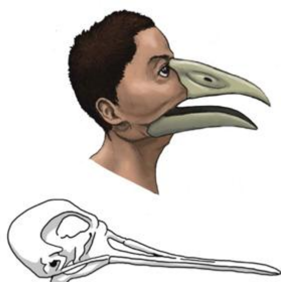



整吞型

哺乳类动物的牙齿种类和形状较为多样，有门齿、犬齿和前后臼齿等，而爬行类动物的牙齿都差不多，所以它们无法咀嚼，只能将食物整个吞下。其中最厉害的当属蛇类，左右分开的下颌使它们可以完整地吞下比自己身体还大的食物。另外，蛇类通过方骨连接上下颌的两处关节，这大大增加了嘴巴上下开合的角度。而哺乳类动物没有方骨，据说它们的“方骨”变成了耳朵内部听小骨的一部分——砧骨。



**鹰的头骨**
肉食性鸟类的喙呈弯钩状，尖锐无比，可用来撕裂猎物



**蜂鸟的头骨**
细长的喙适合汲取花蜜



**火烈鸟的头骨**
倒过头来在水中觅食，用勺子一样的喙过滤掉水和泥沙

轻量型

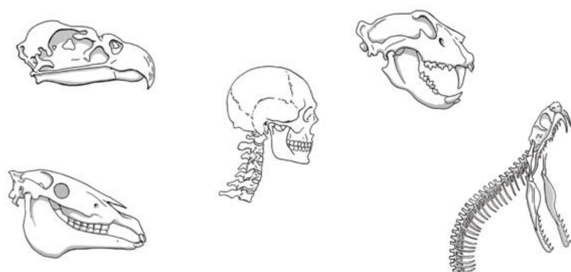
生活在距今大约1.5亿年前的始祖鸟曾被认为是最早的鸟类，据说当时它们嘴里长有牙齿，但由于要在空中飞翔，为了减轻体重不得不舍弃牙齿，于是它们在演化的过程中长出了轻盈的角质喙来代替原来的牙齿。有的鸟类食肉，有的鸟类食草，因此它们角质喙的大小和形状也都各不相同。与爬行类动物一样，鸟类也无法咀嚼，它们吞下的食物会被带到一个叫作“砂囊”的袋状消化器官内，并被预先吞下的沙石磨碎。砂囊就是以这种方式来帮助鸟类消化食物的。

小结

进食是生物得以生存的最基本、最重要的需求，“以食为天”适用于

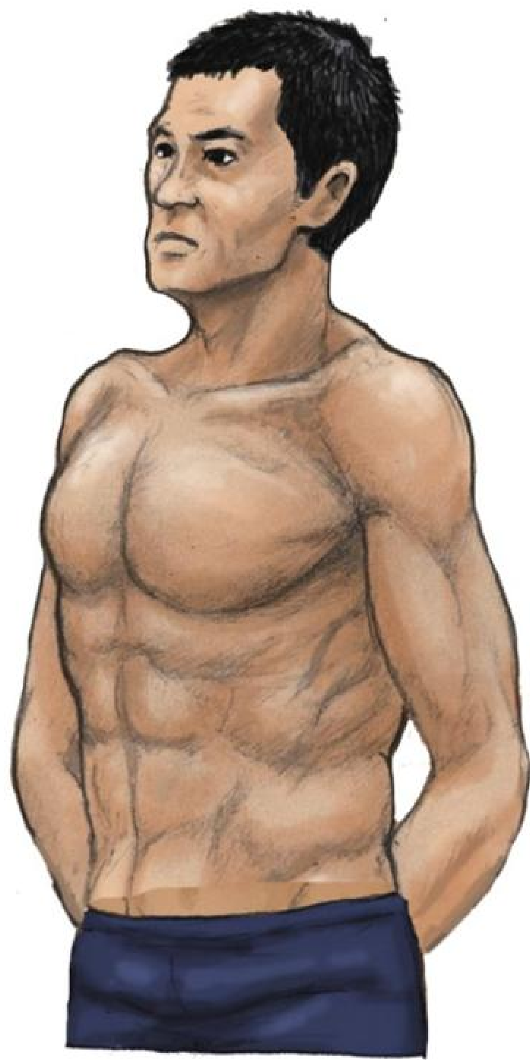
所有生物。在此过程中，颌部起到的重要作用毋庸置疑。从鸟类、哺乳类、爬行类动物的祖先，一直追溯到部分鱼类后，我们发现远古时代的鱼类是没有下颌的。之后，出现了一群有下颌的鱼类，随着进食能力的提升，鱼类终于迎来地质史上举足轻重的大发展时代。这一时期的生物界发生了巨大变革，脊椎动物从海洋来到陆地，生存范围扩大以及生存环境的多样化使它们的食物也变得多样起来。

为了适应这一系列的变化，动物们颌部的形状也随之不断演化。仅仅通过观察颌部的形状、牙齿的形状及排列方式，我们几乎就能想象出这种动物是吃什么食物的。需要咀嚼食物的哺乳类动物，牙齿种类及形状的多样化尤为突出。此外，即便是用角质喙替代了牙齿的鸟类，也因为食物的不同而拥有各种形状的角质喙。



## 胸部的比较

动物的胸骨起着保护脏器和支撑呼吸肌的作用，胸骨的形状也会随着环境改变朝着不同方向演化。



保护脏器 胸廓是由胸椎、肋骨和胸骨相互连接构成的笼状支架，保护着心脏等重要器官



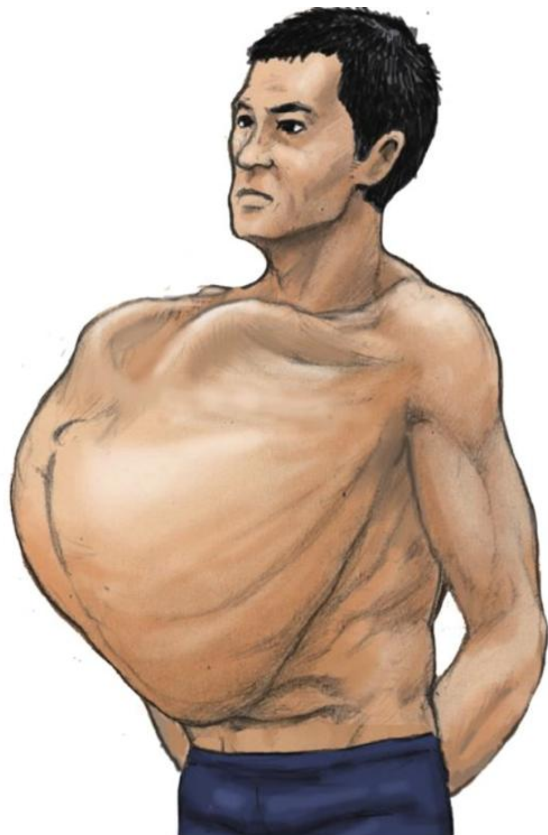
保护全身 肋骨变成巨型“铠甲”，包裹全身



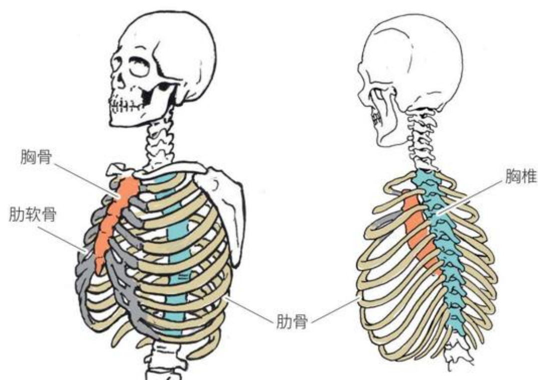
飞行•轻量型 骨骼轻盈，肋骨横向伸展，变成有助于飞行的骨骼结构



活动型 为了一口吞下大型猎物，胸部结构朝着可以自由扩张的方向演变。同时，这种结构也有助于爬行



附着型 夸张的胸骨高高突起，为翅膀肌肉提供更大的附着面

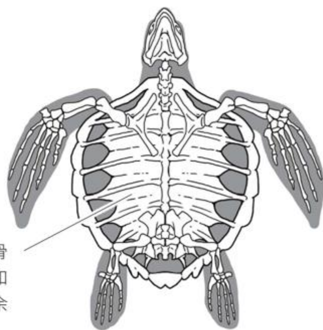



保护脏器

人类的胸部长有肋骨。肋骨从脊柱的胸椎出发，延伸并环绕至胸骨，彼此连接，形成一个近似笼状的支架，我们称之为“胸廓”。胸廓就像保护大脑的头盖骨一样，保护着心、肺等重要人体器官。而与大脑不同的是，肺在呼吸过程中会扩张和收缩，因此胸腔也必须具备一定的伸缩性来与之配合。负责完成这项任务的就是肋软骨。位于胸侧的肋软骨由透明的软骨构成，连接着胸骨和肋骨。当肺呼吸的时候，肋软骨便会发挥作用，辅助胸廓的扩张与凹陷。



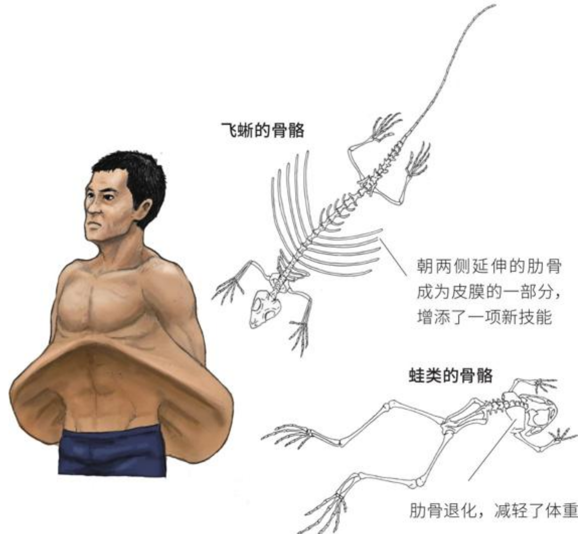
海龟的骨骼



变成骨板的肋骨。不同于肋骨完全变成骨板的陆龟，海龟和其他动物一样，还保留了残余的肋骨

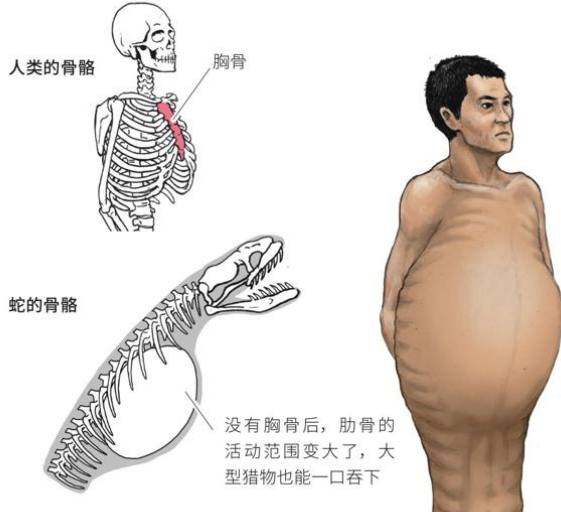
保护全身

人类的肋骨是一种棒状的弧形小骨。而龟的肋骨不断延伸、变宽，脊椎变长，最后两者融合在一起，形成一整块大大的骨板，这也是背甲（龟壳的背部）形成的重要基础。人们普遍认为龟的腹甲（龟壳的腹部）是由胸骨与肋软骨演变而成的骨板，上下骨板构成胸廓，成为能够包裹全身的龟壳。这样一来，变成龟壳的胸廓完全丧失了伸缩性，无法支持肺部张缩有力的呼吸，不过却成为保护自身的坚硬“铠甲”。



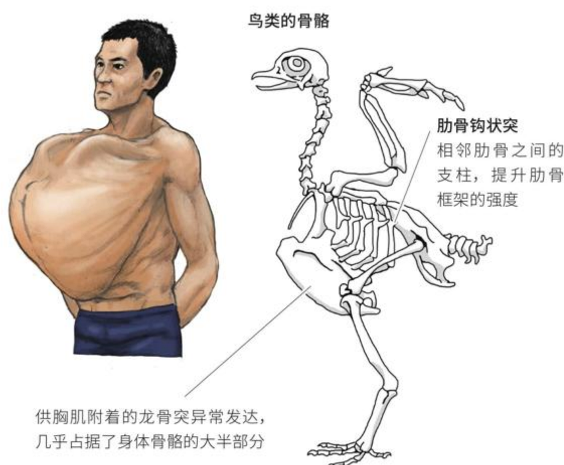

飞行•轻量型

在心、肺等重要器官遭受外部冲击时，肋骨可以提供保护，起到缓冲的作用，此外，肋骨还能为呼吸肌提供附着面。不过，有些动物的肋骨还有其他功能，例如飞蜥的一部分肋骨朝身体两侧延伸，肋骨间被皮膜覆盖，滑翔时可用来充当翅膀。而蛙类又是另一个极端，它们的肋骨索性完全退化，没有肋骨的腹部极为柔软，跳跃着地时可起到缓冲作用。但由于缺少了肋骨，蛙类呼吸时胸肌没办法起到作用，只能通过收缩喉头，让空气经由鼻孔送入肺部。




活动型

蛇类身形细长，却可以一口吞下比自己还大的猎物，并且很快送到胃里。其他动物那种由脊椎、肋骨和胸骨连接而成的封闭型胸廓结构，恐怕无法整个吞下大型猎物，更不用说让其通过体内了。蛇类没有胸骨，这让它们的肋骨从封闭式结构中解放出来，甚至还可以根据食物的大小向左右两侧自由扩展。另外，蛇能利用肋骨的骨尖，让凹凸不平的腹部与地面产生摩擦，用这种办法来推动身体朝前蠕动。因此，对没有四肢的蛇来说，肋骨还是帮助它们前行的重要器官。



附着型

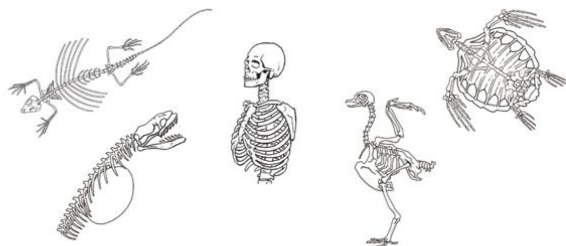
鸟类在空中飞翔时需要保持体态轻盈，所以在它们的骨骼中，比较重的骨头都是中空的。为了弥补这一缺失，骨骼之间只有纵横交错且相互融合才能保证强度。这样的情况同样出现在胸廓内，我们发现鸟类的肋骨后方有一种钩状突起，连接着后面的肋骨，与肋骨连接的脊柱又与骨盆融合在一起，起到了提高骨骼强度的作用。然而，鸟类在减轻体重的同时却不能减少飞行要用到的胸肌。因此，它们胸骨腹侧正中有一块巨大的龙骨突，占据着胸廓的绝大部分空间，并且为发达的胸肌提供了更大的附着面。发达的胸肌加上巨型龙骨突，造就了鸟类超级夸张的胸部。

小结

我们已经给大家介绍了各种类型的胸部结构，包括龟的“铠甲”式胸廓和飞蜥充当翅膀的胸廓。

由肋骨、脊柱和胸骨围成的笼状胸廓，不仅能起到保护心肺的作用，还与呼吸密切相关。看似封闭的笼状结构其实具有弹性，可以随着肺部的一呼一吸做扩张与收缩的动作。

然而像青蛙和蛇这样的动物，别说笼状胸廓了，甚至连肋骨和胸骨都没有。它们无法用肺呼吸，换来的是拥有轻量化和灵活性的优势。总之，动物的演化或退化，功能如何取舍，完全取决于它们的生活环境。



# 动物小知识5 犄角




哺乳类动物的角

很多哺乳类动物的头上都长有形状各异、构造不同的犄角。牛科动物的犄角叫作“洞角”，是由骨心和表层的角质鞘组成的。长颈鹿的角直接被命名为“长颈鹿角”，与洞角唯一的区别是，长颈鹿角表层由皮肤构成。鹿的角属于“实角”，与长颈鹿角一样，实角的表面也是皮肤，里面是骨心，只不过随着骨心不断生长，表层的皮肤会老化脱落，最后只留下分了叉的骨质角。与洞角和长颈鹿角不同的是，实角有每年周期性脱落再生长的特点。

# 后记

看到这里，不知道大家有何感想。之所以写这本书，主要是想借由人体来科普各种动物的身体结构，通过这种方式让大家知道，动物在演化过程中，身体形态都发生了哪些变化。人类的演化过程与其他动物不一样，自然演变成与动物不同的样子。把人体强行变成其他动物，多少会有些奇怪，可能会让一些读者感到不适或“恐怖”，但我还是觉得，也许这样才能让大家更直观地了解动物的身体结构。

那么，在遥远的未来，人类是否会再次经历演化而变成书里那种奇怪的模样呢？我的答案是否定的。因为人类是一种高度社会化的动物，彼此分工合作，共同创造让自己更舒适的环境。未来的人类也许会在没有任何地球生物的外太空生存，实现太空殖民的梦想，并且舒舒服服地生活在那里。换句话说，即使到时候自然环境发生了变化，人类也不再需要通过改变自身来适应环境。

最后，责编北村耕太郎先生为本书的创作提供了诸多帮助，在有限的时间内迅速拟订出书计划并提供资料，再次表示感谢。

川崎悟司2019年11月

# 延伸阅读

《骨骼百科 骨架 惊人的形态与功能》

安德鲁·柯克著 布施英利监修 和田侑子译（Graphic社）

《从骨骼看生物的演化》

让·帕蒂斯·德·帕纳菲约著 小畠郁生监修 吉田春美译（河出书房新社）

《灭绝的哺乳动物图鉴》冨田幸光著（丸善出版）

《**MOVE**图鉴 动物》（讲谈社）

《**MOVE**图鉴 鸟类》（讲谈社）

《**MOVE**图鉴 爬行类＆两栖类》（讲谈社）

《恐龙为什么演化成了鸟类》

彼得·D.沃德著 垂水雄二译（文艺春秋社）

《曾经在陆地上行走的鲸鱼》大隅清治著（PHP研究所）

《“生命”是什么？它又是如何演变的？》

牛顿科学杂志别册（牛顿出版）

《地球大图鉴》詹姆斯·F.鲁编（NEKO出版）

《生物之谜与进化论趣味丛书》中原英臣 佐川峻著（PHP研究所）

《灭绝动物数据报告》今泉忠明著（祥伝社黄金文库）

《灭绝的哺乳动物》冨田幸光著（丸善出版）

《大型灭绝动物大百科》今泉忠明著（DATAHOUSE）

《神秘莫测的生物史》金子隆一著（同文书院）

《特别展 生命大跃进 脊椎动物如何进化》

（日本国立科学博物馆、NHK出版、NHK Promotion）

《古生物探索 石炭纪、二叠纪生物》土屋健著（技术评论社）

《古生物探索 三叠纪生物》土屋健著（技术评论社）

《古生物探索 白垩纪生物》土屋健著（技术评论社）

《古生物探索 白垩纪生物 上》土屋健著（技术评论社）

《古生物探索 白垩纪生物 下》土屋健著（技术评论社）

《神秘的灭绝动物》北村雄一著（大和书房）

《不可思议的动物：神秘的生物世界》

牛顿科学杂志别册（牛顿出版）

《大型哺乳动物展2生存作战》

（日本国立科学博物馆、朝日新闻社、TBS东京放送、BS-TBS株式会社）

《企鹅为什么不会飞？那些选择海洋的鸟类》

绵贯丰著（恒星社厚生阁）

《从进化树读懂进化史》长谷川政美著（BERET出版）

《企鹅》爱丁编（日贩IPS）

